

Entwicklung einer Methodik zur Erfassung des Situationsbewusstseins an Arbeitsplätzen in elektronischen Stellwerken und Betriebszentralen

Von der
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina
zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades eines
Doktoringenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

Dissertation

von
Tobias Lindner
geboren am 31. Januar 1984
in Braunschweig

Eingereicht am:	20. Februar 2015
Disputation am:	27. November 2015
Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
1 Motivation	2
2 Ausgangssituation und Herleitung der Problemstellung aus der historischen Entwicklung	5
2.1 Aspekte aus der Entwicklung der verschiedenen Stellwerksbauformen	7
2.1.1 Verlagerung von aktiven Aufgaben zu Überwachungsaufgaben in der historischen Entwicklung	7
2.1.2 Stellentfernungen und Verzicht auf Sichtkontakte	11
2.1.3 Entwicklung des Umfangs der Bedienbereiche.....	13
2.1.4 Zusammenfassung.....	15
2.2 Unzureichendes Situationsbewusstsein als grundlegende Ursache für menschliche Fehlhandlungen bzw. für die Unterlassung notwendiger Handlungen	16
2.2.1 Einordnung des Situationsbewusstseins in Ebenen mentaler Komplexität	16
2.2.2 Notwendigkeit von Kenntnissen zur aktuellen Betriebssituation für die Gewährleistung eines möglichst konfliktfreien Betriebsablaufs.....	17
2.2.3 Bedeutung des Situationsbewusstseins in der typischen Folge aus Wahrnehmung, Handlungsableitung und -ausführung	18
2.2.4 Problematik der kontinuierlich auszuführenden Überwachung als Grundaufgabe.....	20
2.2.5 Fehlerpotenzial bei sonstigem Betriebspersonal durch unzureichendes Situationsbewusstsein des Fahrdienstleiters	21
3 Untersuchung des erforderlichen Personalbedarfs in deutschen Stellwerken	22
3.1 Abschätzung des Personalbedarfs in der Vergangenheit	22
3.2 Ermittlung des Personalbedarfs in der Gegenwart nach der Richtlinie zur Bemessung der Arbeitsplätze.....	23
3.2.1 Grundlagen der Bemessungsmethode	23
3.2.2 Vorbereitung und Ausführung der Untersuchung.....	25
3.2.3 Ausführung eines Berechnungsbeispiels.....	26
3.3 Diskussion der Aussagekraft von Untersuchungsergebnissen nach der gegenwärtigen Bemessung.....	28
3.3.1 Informationsbewertung für den Störungsbetrieb	28
3.3.2 Berücksichtigung überwachender Aufgaben	29
3.3.3 Besonderheiten zur Umverteilung von Aufgaben bei auftretenden Unregelmäßigkeiten	29

3.3.4	Berücksichtigung der Auswirkungen von Änderungen am Arbeitsumfeld	31
3.3.5	Zusammenfassung.....	31
3.4	Diskussion zur Anwendbarkeit alternativer Methoden	32
3.4.1	Network Rail Signaller Workload Toolkit.....	32
3.4.1.1	Wesentliche Komponenten des Network Rail Signaller Workload Tool- kits	33
3.4.1.2	Bewertung.....	34
4	Funktion des Fahrdienstleiters in der Betriebsdurchführung.....	36
4.1	Übersicht und Verknüpfung der einzelnen Arbeitsfelder zur Durchführung des Betriebs.....	36
4.2	Struktur und Arbeitsweise einer Betriebszentrale	37
4.2.1	Organisatorischer Aufbau einer Betriebszentrale	38
4.2.2	Treffen und Ausführen von Dispositionsentscheidungen im Bahnbetrieb	38
4.2.2.1	Netzleitzentrale als übergeordnete Instanz bei Dispositionsentscheidun- gen.....	39
4.2.2.2	Netzkoordinator und Bereichsdisponent.....	40
4.2.2.3	Fahrdienstleiter und Zugdisponent / Zuglenker beim elektronischen Stellwerk	40
4.3	Varianten der Lokalisation des Fahrdienstleiter-Arbeitsplatzes eines elektroni- schen Stellwerks und Auswirkungen auf die erforderlichen Arbeitstätigkeiten	42
4.3.1	Unterschiede in den Hauptkomponenten eines elektronischen Stellwerks in Abhängigkeit von der Lokalisation	42
4.3.2	Wahl und Umsetzung von Dispositionsentscheidungen in elektronischen Stellwerken innerhalb und außerhalb einer Betriebszentrale	44
5	Erfassung der Anzeigen und Bedienmöglichkeiten als Basis für weitere Be- trachtungen	45
5.1	Verwendung von Begriffen für eine Analyse der Bedienmöglichkeiten	46
5.2	Bedienungsarten	48
5.3	Hardwareausstattung	49
5.4	Darstellung von Informationen zum Betriebsgeschehen und Bedienmöglichkei- ten.....	50
5.4.1	Bereichsübersicht.....	52
5.4.1.1	Anzeigeinformationen im Bildbereich der Bereichsübersicht	52
5.4.1.2	Bedienmöglichkeiten im Bildbereich der Bereichsübersicht.....	56
5.4.1.3	Bedienmöglichkeiten in den Bedienfunktionen der Bereichsübersicht	58

5.4.1.4	Anzeigeinformationen in Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen in der Bereichsübersicht	59
5.4.2	Lupenbild	63
5.4.2.1	Anzeigeinformationen im Bildbereich des Lupenbilds.....	63
5.4.2.2	Bedienmöglichkeiten im Bildbereich des Lupenbilds	67
5.4.2.3	Bedienmöglichkeiten in den Bedienfunktionen des Lupenbilds.....	67
5.4.2.4	Anzeigeinformationen in Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen im Lupenbild.....	68
5.4.3	Darstellung sonstiger Informationen	69
5.4.3.1	Dialogmonitorfenster	69
5.4.3.2	Kommunikationsanzeige	69
5.4.3.3	Dokumentation	70
5.4.3.4	Gleisbenutzungstabelle	70
5.4.4	Zusammenfassung zur Benachrichtigung bei vorliegenden technischen Unregelmäßigkeiten über die Anzeigen am Bedienplatz	71
5.4.5	Telekommunikation zwischen Fahr- und Stellwerkspersonal.....	72
5.4.5.1	Unregelmäßigkeiten ohne Anzeige im Stellwerk.....	73
5.4.5.2	Aufbau der Telekommunikationsverbindung zum Fahrpersonal	73
6	Untersuchung des Situationsbewusstseins am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters	75
6.1	Grundsätzliche Möglichkeiten zur Erfassung des Situationsbewusstseins.....	75
6.2	Wahl einer Variante zur Erfassung des Situationsbewusstseins.....	76
6.3	Erläuterung der SAGAT-Methode.....	78
6.3.1	Grundlagen zur Entwicklung eines Fragebogens	78
6.3.2	Anwendung des Fragebogens in der Simulatorstudie.....	78
6.4	Problematik der Übertragbarkeit von Fakten anderer Untersuchungen zur Vorbereitung einer Simulatorstudie am Beispiel des Fluglotsen.....	79
6.4.1	Systembedingte Einflussfaktoren zum Treffen von Entscheidungen.....	79
6.4.2	Zusammenhang zwischen Einflussfaktoren und Ebenen des Situationsbewusstseins	80
6.5	Anwendung der SAGAT-Methode zur Betrachtung eines beispielhaften Simulationsexperiments	81
6.5.1	Fragestellung der Untersuchung	81
6.5.2	Modellierung einer Simulation	82

6.5.2.1	Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion des betrieblichen Modells	82
6.5.2.2	Umsetzung durch Nutzung der ESTW-Simulationssoftware Nienburg / Verden-Süd.....	85
6.5.2.3	Durchführung eines gruppenweisen Experiments mit einheitlichen Simulationen	88
6.5.2.4	Konstruktion einer Studie aus mehreren aufeinanderfolgenden Simulationsläufen.....	89
6.6	Erstellung eines Fragebogens zum Simulationsexperiment.....	91
6.6.1	Zielstellungen der Entwicklung des Fragebogens.....	91
6.6.2	Berücksichtigung der Ebenen des Situationsbewusstseins	91
6.6.3	Erfassung des Empfindens von Probanden.....	92
6.6.4	Fragen zum Situationsbewusstsein in der Beispieluntersuchung	92
6.6.5	Fragen zur subjektiven Einschätzung der Beanspruchung	95
6.6.6	Abfolge der Fragen im Fragebogen und Auswertungsgrößen der Untersuchung	96
6.7	Übersicht zur Durchführung der Beispieluntersuchung.....	98
7	Ergebnisse der Simulationsuntersuchung.....	100
7.1	Rechnerische Auswertung.....	100
7.1.1	Grundsätzliche Möglichkeiten der rechnerischen Auswertung	100
7.1.2	Beschreibung der relevanten Auswertungsgrößen	101
7.1.3	Darstellung der Ergebnisse zu den einzelnen Fragen	104
7.1.4	Bewertung der Ergebnisse zu den einzelnen Fragen	110
7.1.5	Zusammenfassung und Ableitung einer ergänzenden Auswertung über Bildschirmansichten	113
7.2	Auswertung über Bildschirmansichten.....	117
7.2.1	Grundlagen für die Bekräftigung von Hypothesen zu möglichen Einflussgrößen	117
7.2.2	Darstellung der Ergebnisse	118
7.2.3	Bewertung der Ergebnisse	121
7.3	Ausblick.....	123
7.3.1	Erfahrungen mit dem angewandten Fragebogen.....	123
7.3.2	Grundsätzliche Empfehlungen zur Durchführung weiterer Untersuchungen ..	124
7.3.3	Beispielhafter Ansatz zur Verifikation eines beeinflussenden Faktors	125
8	Zusammenfassung.....	128

Literaturverzeichnis	132
Anhang 1 – Fragebogen im angewandten Layout	137
Anhang 2 – Unterlagen für Probanden zur Vorbereitung und Durchführung der Simulationen.....	145
Anhang 3 – Betriebliche Situationen zum Ende der einzelnen Simulationsläufe	156
Anhang 4 – Untersuchungsergebnisse zu den einzelnen Simulationsläufen.....	160
Abkürzungsverzeichnis	172

Abstract

Over the last decades, the area which is controlled by a train controller got significantly larger. This is mainly based on the technical development in the signalling systems which allows that a train controller can be far away from the controlled area. The technical changes also influence aspects of the train controllers' tasks: While in an old interlocking, e.g. a mechanical one, mainly active tasks had to be performed, in a modern electronic interlocking the focus during normal operation is on supervisory tasks.

The shift from active to supervisory tasks in normal operation may cause a decrease of a train controller's situation awareness. This means that a train controller might not be aware of all aspects of the ongoing train operation. Especially in case of irregularities, this may lead to specific problems. In this situations, purely supervisory tasks are not sufficient for maintaining operation. Instead, also in an electronic interlocking active tasks are necessary.

Even though the described problems are well known between practitioners, publications of the last years only present first approaches about situation awareness at workplaces of traffic controllers. Especially, a method which allows a better understanding or a measure of situation awareness at interlocking workplaces does not exist. The presented thesis describes further steps for the development of an applicable testing method. This also provides a basis for the further development of interlocking workplaces.

After discussing the development of interlocking technology with a focus on its effect on train controllers, a questionnaire is described in this thesis. This questionnaire contains different questions about the operational situation of a control area as well as questions about the controller's self-assessment. The questionnaire was applied in an exemplified simulation based on the specifications of SAGAT evaluations described by Endsley. The simulation consisted of several simulation runs with different numbers of trains on a homogeneous infrastructure. In this context, a number of probands was used as train controllers in interlocking simulations. Within the simulations, purely supervisory tasks had to be done, similar to the workplace in an electronic interlocking of Deutsche Bahn. After each simulation run, the questionnaire had to be answered. The aim of the setup was to get first-hand experience in the application of questionnaires and simulations at workplaces of traffic controllers. Secondly, it was tested which impact an increasing amount of user interface information has on the situation awareness of a train controller.

The experiences gained from the study provide a first, fundamental step in the development of a comprehensive method: User interface parameters that may influence situation awareness were identified. The analysis also shows potential for modifying specific contents of the questionnaire as well as simulation settings for getting more significant results in further studies. An outline how to proceed when developing a method that could not only be used for a representative testing of situation awareness, but also for an estimation of situation awareness for any interlocking workplace is given.

1 Motivation

Der Fahrdienstleiter hat im Wesentlichen die Aufgabe, die sichere Fahrt eines Zuges zu ermöglichen, indem er für die Zulassung von Zugfahrten als Bediener eines Stellwerks eigenverantwortlich zuständig ist. Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte ermöglicht, dass ein einziger Fahrdienstleiter nicht mehr nur für einen kleinen und von der Stellwerkskanzel komplett einsehbaren Bereich verantwortlich sein muss, sondern für ganze Regionen zuständig sein kann.

Die Möglichkeit zur Reduzierung des Personals bzw. die Umsetzbarkeit kontinuierlicher Vergrößerungen der Bedienbereiche ist auf verschiedene technische Weiterentwicklungen zurückzuführen. Ein wesentlicher Aspekt der historischen Entwicklung ist die Tatsache, dass während zum Bedienen eines Stellwerks in den verschiedenen Bauformen der Alttechnik meistens aktive Aufgaben erforderlich sind, in einem neueren, elektronischen Stellwerk im Regelbetrieb weitgehend überwachende Aufgaben für den Fahrdienstleiter anfallen. Ein Stellwerk modernster Bauform kann also so gestaltet sein, dass im Fall eines störungsfreien Betriebsablaufs sämtliche Aktionen automatisiert ausgeführt werden. Problematisch kann sich diese Entwicklung äußern, wenn es zum Auftreten von Unregelmäßigkeiten kommt. Dabei kann es sich sowohl um technische Störungen als auch um Unregelmäßigkeiten handeln, welche ihre Ursachen nicht in einer technischen Fehlfunktion haben, wie die Verspätung eines Reisezuges aufgrund eines hohen Fahrgastaufkommens. Beim Auftreten derartiger Situationen reichen überwachende Aufgaben unter Umständen nicht aus, um den Betrieb aufrecht zu erhalten. Stattdessen sind manuelle, aktive Eingriffe erforderlich. Es stellt sich die Frage, inwiefern das Personal in der Lage ist, derartige Situationen zu beherrschen. Verschiedene Möglichkeiten an Ursachen für menschliche Fehlhandlungen oder auch für eine Unterlassung erforderlicher Handlungen lassen sich für den Fahrdienstleiter aus dem Arbeitsfeld und der historischen Entwicklung direkt ableiten. So kann die Wandlung vom aktiven zum überwachenden Aufgabenfeld – in Kombination mit der Tatsache, dass im normalen Tagesablauf keine oder nur wenige aktive Aufgaben erforderlich sind – dazu führen, dass die Überwachung der Bildschirme vernachlässigt wird. Naheliegend ist außerdem, dass durch die Vergrößerung von Bedienbereichen die Menge an Informationen in den Bildschirmansichten zugenommen hat, was das Aufnehmen bzw. Bewahren relevanter Faktoren einer Situation erschweren kann. Um ein Entstehen von Verspätungen in der Betriebsdurchführung möglichst zu verhindern, die Übertragung bereits existierender Verspätungen auf weitere Züge zu minimieren bzw. um das System im Fall jeglicher Unregelmäßigkeiten kurzfristig wieder in einen – soweit möglich – dem Soll-Betrieb nahe kommenden Zustand zu bringen, ist es erforderlich, dass der Fahrdienstleiter vorhandene Unregelmäßigkeiten zeitnah erkennt und daraus ebenfalls zeitnah die notwendigen Folgehandlungen ableitet. Damit kommt einer komplexen Kenntnis über die zu jedem Zeitpunkt im gesamten Bedienbereich vorherrschende Betriebssituation eine große Bedeutung zu.

Die Ausführung von aktiven Aufgaben im Fall aufgetretener Unregelmäßigkeiten kann außerdem bewirken, dass dem Fahrdienstleiter kaum Möglichkeiten gegeben sind, die kontinuierliche Grundaufgabe der Überwachung seines gesamten Bedienbereichs durchzuführen. Die

Problematik wird durch die technische Entwicklung mit der Ermöglichung einer immer stärkeren Vergrößerung von Bedienbereichen sowie der Reduzierung des Personalbedarfs begünstigt.

Zusammengefasst zeigt sich, dass ein ausreichendes Situationsbewusstsein eine wesentliche Größe zum Beherrschen unerwartet auftretender Szenarien des Störungsbetriebs¹ darstellt. Einzelne Faktoren der historischen Entwicklung lassen im gestörten Betrieb erwarten, dass das Situationsbewusstsein insbesondere beim Fahrdienstleiter im elektronischen Stellwerk nicht mehr in der Form vorhanden ist, um in diesen Situationen angemessen zu reagieren. Um diese Hypothesen zu verifizieren, ist ein Verfahren zur Erfassung des Situationsbewusstseins erforderlich. Den Veröffentlichungen der letzten Jahre sind nur allererste Ansätze zur Untersuchung des Situationsbewusstseins für Arbeitsplätze von Stellwerksbedienern zu entnehmen. Die Entwicklung einer Methodik, mit welcher die Erfassung des Situationsbewusstseins möglich ist und welche nicht nur zur Beurteilung derzeitiger Arbeitsplätze in Stellwerken dienen könnte, sondern auch eine wesentliche Grundlage für zukünftige Entwicklungen darstellen kann, ist bisher nicht erfolgt.

Die vorliegende Dissertation fasst zunächst die einzelnen Aspekte der technischen und organisatorischen Entwicklung vom Stellwerk mechanischer Alttechnik bis hin zum elektronischen Stellwerk aktueller Technik zusammen. Dadurch wird deutlich, auf welche Faktoren die Unterschiede zwischen Regel- und Störungsbetrieb in Aufgabenart und Personalbeanspruchung zurückzuführen sind. In diesem Zusammenhang wird außerdem detailliert erläutert, warum das Situationsbewusstsein eine wichtige Betrachtungsgröße darstellt. Anschließend wird zusammengefasst, inwiefern die Abschätzung des erforderlichen Personalbedarfs in Stellwerken nach der zurzeit angewandten Bemessungsmethode keine aussagekräftigen Ergebnisse liefert. Es wird deutlich, dass weitere Untersuchungen nötig sind, um insbesondere die Beanspruchung durch überwachende Tätigkeiten sowie die Arbeitsbelastung im Störungsbetrieb besser beurteilen zu können. Im Anschluss wird erläutert, durch welche Arten der Informationsübertragung ein Fahrdienstleiter über die aktuelle Betriebssituation informiert wird und welche Möglichkeiten der Bedienung existieren. Die Analyse der Anzeigeeinformationen kann als eine wesentliche Grundlage für die Modellierung von Studien zur Erfassung des Situationsbewusstseins dienen. Die Möglichkeiten der Bedienung geben unabhängig von den eigentlichen Aufgaben des Fahrdienstleiters Auskunft darüber, welche aktiven Handlungen in ihrer Gesamtheit möglich sind. Damit wird eine Basis zur Untersuchung vielfältiger arbeitspsychologischer Fragestellungen geschaffen.

Auf Grundlage der historischen Entwicklung sowie der Anzeigeeinformationen am Bedienplatz eines elektronischen Stellwerks wurde ein Fragebogen zur Erfassung des Situationsbewusstseins von Probanden in Simulatorstudien entwickelt. Dieser Fragebogen wurde im Rahmen

¹ Der Begriff „Abweichungen vom Regelbetrieb“ umfasst Situationen des gestörten Betriebs sowie planmäßige Abweichungen. Abweichungen vom Regelbetrieb erfordern manuelle Eingriffe des Bedieners. Im Rahmen der Dissertation wird jedoch der Begriff „Störungsbetrieb“ angewandt, da insbesondere unerwartet auftretende Störsituationen für deren Erkennung (und darauffolgender Behandlung) ein entsprechendes Situationsbewusstsein des Bedieners erfordern. Bei planmäßigen Abweichungen steht die zeitnahe Erkennung unerwarteter Situationen nicht im Vordergrund.

einer Studie beispielhaft angewandt. Ziel der Studie war die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen einer mit der Vergrößerung von Bedienbereichen zunehmenden Menge an Informationen in Form einer höheren Anzahl an Fahrzeugbewegungen und deren Beherrschbarkeit durch den Fahrdienstleiter bzw. Probanden. Im Rahmen der Untersuchung wurden die Probanden über bestimmte Zeitdauern mit realistischen Stellwerkssimulationen konfrontiert. Nach jedem erfolgten Simulationslauf waren ausgewählte Fragen zur aktuellen betrieblichen Situation zu beantworten.

Die Untersuchung verfolgte nicht das Ziel, direkt auf Basis der zugehörigen Auswertung eine ausgereifte Methodik zur Bewertung des Situationsbewusstseins beschreiben zu können. Stattdessen stand die Gewinnung von grundsätzlichen Erkenntnissen zur Anwendbarkeit von Fragebögen und Simulationen für die Untersuchung des Situationsbewusstseins am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters im Vordergrund. Diese kann einen ersten, wesentlichen Schritt in der Entwicklung einer umfassenden Methodik darstellen. So zeigt die Untersuchung beispielsweise Faktoren der Simulation auf, welche das Situationsbewusstsein beeinflussen können und gibt Hinweise für Möglichkeiten, inwiefern einzelne Inhalte des Fragebogens bzw. der Untersuchung in darauf aufbauenden Folgeuntersuchungen optimiert werden sollten um aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen. Es wird außerdem dargestellt, welche Folgeschritte auf welche Weise durchzuführen sind, um auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse eine Methodik weiterzuentwickeln, die nicht nur zur repräsentativen Untersuchung des Situationsbewusstseins genutzt werden könnte, sondern auch zur vorhersagenden Einschätzung für einen beliebigen Bedienplatz.

2 Ausgangssituation und Herleitung der Problemstellung aus der historischen Entwicklung

Im Laufe der historischen Entwicklung wurde der Fahrdienstleiter im Regelbetrieb von immer mehr aktiven Aufgaben entbunden und geht in einem Stellwerk modernster Technik nahezu ausschließlich überwachenden Tätigkeiten nach². Während im mechanischen Stellwerk das Hauptsignal für jede Zugfahrt per Hebel umzustellen ist, kann die Fahrterlaubnis im elektronischen Stellwerk vollautomatisiert erteilt werden. Mit der sinkenden körperlichen und für aktive Aufgaben zeitlichen Beanspruchung des Bedienpersonals wurde eine kontinuierliche Vergrößerung von Bedienbereichen möglich. Gestützt wurde diese Entwicklung u.a. von technischen Neuerungen zur Erhöhung der Anzahl an Stelleinheiten im Stellwerk, zur Berücksichtigung größerer Stellentfernungen, einer Reduzierung des Personalbedarfs sowie dem Verzicht auf Sichtkontakt zwischen Fahrdienstleiter und Zugpersonal.

Ein ausreichendes Situationsbewusstsein des Bedieners spielt in sämtlichen Stellwerkstechniken eine maßgebende Rolle. Bei elektronischen Stellwerken mit umfangreicher Automatisierung ist das Situationsbewusstsein insbesondere beim Auftreten von Unregelmäßigkeiten von Bedeutung. Diese müssen zunächst erkannt werden, darauf aufbauend kann die Ableitung und Ausführung aktiver Handlungen erfolgen. Die historische Entwicklung zeigt jedoch, dass verschiedene Faktoren existieren, welche das Erlangen und Bewahren von ausreichenden Kenntnissen zur vorherrschenden Betriebslage beim Fahrdienstleiter erschweren können. Es entsteht die Gefahr, dass das vorhandene Situationsbewusstsein in einem derartigen Umfang gemindert wird, dass dieses eine Quelle zur Entstehung menschlicher Fehlhandlungen darstellt bzw. zur Unterlassung erforderlicher Handlungen führt.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Faktoren der historischen Entwicklung wird in Abbildung 1 graphisch erläutert.

² Die folgenden Beschreibungen konzentrieren sich auf den Fahrdienstleiter. In Aussagen, welche sich allgemein auf die Bedienung von Stellwerken beziehen, wird der Begriff des Bedieners verwendet.

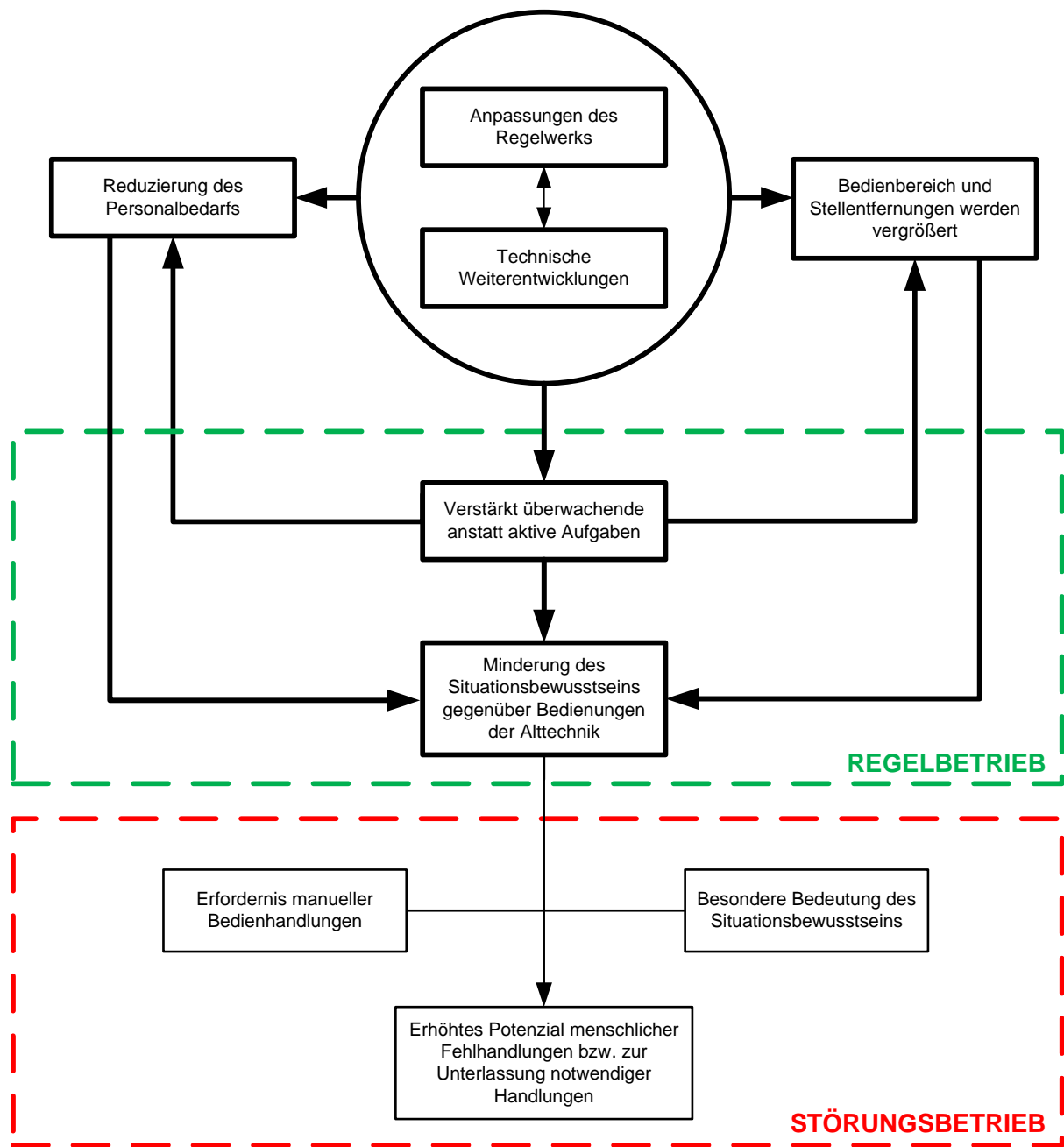


Abbildung 1 Faktoren der historischen Entwicklung und Auswirkungen auf das Arbeitsfeld im Regel- und Störungsbetrieb bzw. das Situationsbewusstsein beim Fahrdienstleiter eines elektronischen Stellwerks

Einzelne Komponenten der Darstellung werden in den nachfolgenden Abschnitten detaillierter erläutert. Diese stehen teilweise in unmittelbarem, gegenseitigem Zusammenhang. So beruht die Möglichkeit einer Vergrößerung von Stellentfernungen beispielsweise sowohl auf technischen Weiterentwicklungen, als auch auf einer Anpassung des Regelwerks zur Ermöglichung des Verzichts auf Sichtkontakte.

2.1 Aspekte aus der Entwicklung der verschiedenen Stellwerksbauformen

Im Laufe der historischen Entwicklung haben sich die Bedienelemente und damit auch das Aufgabenfeld vom mechanischen Stellwerk aus der Anfangszeit der Eisenbahn bis hin zur elektronischen Stellwerkstechnik, welche die heute zeitgemäße Technik darstellt, vollständig verändert. Die verschiedenen Stellwerksbauformen mit ihren grundlegenden Eigenschaften bzw. Unterschieden werden im Folgenden detailliert beschrieben.

2.1.1 Verlagerung von aktiven Aufgaben zu Überwachungsaufgaben in der historischen Entwicklung

Das ausschließlich mechanische Bedienen von Sicherungsanlagen fand seit der Anfangszeit der Eisenbahn Anwendung. Im Jahre 1928 wurde aus verschiedenen Bauarten ein Einheitsstellwerk entwickelt. Stellvorgänge im mechanischen Stellwerk werden ausschließlich durch Muskelkraft des Bedieners ausgeführt. Weichen und Signale werden beispielsweise jeweils durch einen einzelnen Hebel bedient [WAR79]. Im Jahre 1943 folgte die Entwicklung eines elektromechanischen Einheitsstellwerks, auf der Basis von ab 1894 beständig weiter entwickelten Vorläufern unter Ersetzung menschlicher Muskelkraft durch Elektromotoren. Im Gegensatz zum mechanischen Stellwerk werden die Elemente hierbei nach mechanischer Bedienung elektrisch umgeschaltet. Als Vorteil gegenüber Stellwerken älterer Technik stand bereits hier die Ermöglichung größerer Stellbezirke bei geringerem Personaleinsatz im Vordergrund [JF80], auch bedingt durch den geringeren Platzbedarf der einzelnen Bedienelemente im Steuerungsraum [HMR08]. Im Gegensatz zum mechanischen Stellwerk findet beispielsweise die Bedienung von Signalen und Weichen beim elektromechanischen Stellwerk über Drehschalter statt. Diese werden allerdings auch als Hebel bezeichnet. Ein Hebel des elektromechanischen Stellwerks kann in Abhängigkeit der Drehstellung zur Erfüllung der Aufgaben mehrerer einzelner Hebel des mechanischen Stellwerks dienen [HEL64]. Im Spurplandrucktastenstellwerk der Bauart SpDrS60, welches ab 1960 Anwendung fand und später die im Gebiet der Deutschen Bundesbahn am weitesten verbreitete Spurplanbauart darstellte, werden die Schaltvorgänge durch den Bedienenden mittels Drucktasten ausgeführt. Als Vorläufer des SpDrS60-Stellwerks sind bereits ab 1948, zunächst in stärkerer Anlehnung an die elektromechanische Technik, Drucktastenstellwerke in Betrieb genommen worden. Im SpDrS60-Stellwerk können Elemente zwar einzeln bedient werden, im Gegensatz zu den Vorgängerbauformen ist es jedoch auch möglich, bestimmte Abläufe mit Hilfe von Fernsteuerung, Selbstblock und Selbstlenkung automatisiert stattfinden zu lassen. So kann beispielsweise das Einlaufen der einer Zugstraße zugehörigen Weichen über die Weichenlaufkette selbsttätig erfolgen [HEI00]. Ziele der Entwicklung dieser Stellwerksbauform waren die Anzeige des Betriebsgeschehens auf einem den Gleisplan abbildenden Stelltisch sowie die Erfassung umfangreicherer Stellbezirke in einem einzigen Stellwerk [ERN75]. Die Einführung der durchgehenden Gleisfreimeldung, verbunden mit nicht mehr notwendigen Fahrwegprüfungen durch Hinsehen, ermöglichte zudem einen Wegfall der Fahrwegprüfbezirke als einen der maßgebenden Faktoren für die maximale Ausdehnung eines Bedienbereichs [HEI00].

Vorbereitende Aufgaben zum Einstellen einer Fahrstraße können im Stellwerk der Bauart SpDrS60 mit einer einfachen Drucktastenbedienung für den Verlauf einer kompletten Fahrstraße teilautomatisiert durchgeführt werden. Im Folgenden ist mit dem Begriff „Relaisstellwerk“ die Bauart des Spurplandrucktastenstellwerks SpDrS60 entsprechend der breiten Anwendung von Relais gemeint.

Die elektronische Stellwerksbauform ermöglicht eine Automatisierung weiterer zuvor manuell auszuführender Tätigkeiten bis hin zum vollständig automatisch ablaufenden Betrieb. Im Zusammenhang mit der technisch möglich gewordenen Realisierung eines derartigen Automatisierungsgrads stehen auch hier wieder die Möglichkeit der Schaffung größerer Steuerbezirke und die Verringerung des Bedienpersonals als Vorteile im Vordergrund [JON01]. Während an den grundsätzlichen Bedienhandlungen innerhalb der einzelnen Stellwerksbauformen vom mechanischen zum Relaisstellwerk im Laufe der Zeit kaum Änderungen vorgenommen wurden, ist das elektronische Stellwerk zunächst mit Bedienung über Dateneingabetastatur, später ausschließlich über Bedientablett und heutzutage mit Mausbedienung, realisiert worden [HMR08].

Tabelle 1 fasst die einzelnen Bauformen der Stellwerke mit den Zeitpunkten ihrer Einführung sowie der ersten Umsetzung als einheitliche Stellwerksvariante zusammen [ERN75, HMR08, JF80, WAR79].

Tabelle 1 Bauformen von Stellwerken mit dem Jahr ihrer Einführung

Bauform	Jahr der Einführung im heutigen Netz der Deutschen Bahn
mechanisch	ab Anfangszeit der Eisenbahn, Einheitsstellwerk ab 1928
elektromechanisch	ab 1894, Einheitsstellwerk ab 1943 (E43)
Relais	ab 1948, Haupttyp ab 1960 (Bauart SpDrS60)
elektronisch (ESTW)	Grundform ab 1988, später Änderungen in der Art der Bedienung

Die Entwicklung der Bauformen vom mechanischen zum elektronischen Stellwerk zeigt, dass der zugehörige Fahrdienstleiter im Laufe der Zeit von immer mehr aktiven Aufgaben entbunden worden ist. Allerdings sind auch im elektronischen Stellwerk, ebenso wie in der Alttechnik, Störungsfälle zu erkennen und manuell zu behandeln. Eine tatsächliche Aufgabenverlagerung liegt also nur im Regelbetrieb vor. Die kontinuierliche Verlagerung der auszuführenden Aufgaben im Laufe der Entwicklung der verschiedenen Bauformen lässt sich an diversen Beispielen zeigen. Diese wird in Tabelle 2 anhand einer für den Eisenbahnbetrieb wesentlichen Tätigkeit, dem Erteilen einer Fahrterlaubnis unter vorherigen Umstellvorgängen der zugehörigen Weichen, vereinfacht dargestellt. Auf die Einbindung eines Weichenwärters und die anschließenden Auflösevorgänge wird dabei verzichtet.


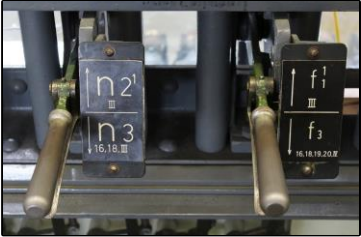


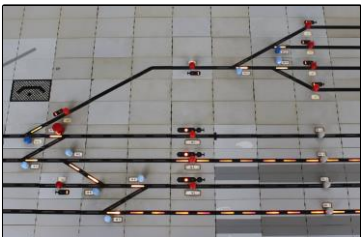
Die beschriebenen Elemente zu den einzelnen Stellwerksbauformen werden in Tabelle 3 näher erläutert.

Tabelle 2 Vereinfachte Darstellung von aktiven und automatisierten Aufgaben zum Erteilen einer Fahrerlaubnis durch den Fahrdienstleiter mittels Bedienung von Stellwerken der verschiedenen Bauformen, Berücksichtigung der fahrplanbasierten Zuglenkung im ESTW³

Bauform	Aktive Aufgaben	Umsetzung über Element	Automatisierte Aufgaben
mechanisch (Einheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrwegprüfung durch Hinsehen - Weichen im Fahrweg in richtige Stellung bringen - Verschließen der Weichenhebel - Bedienung des Fahrstraßen-Festlegefelds - Hauptsignal in Fahrtstellung bringen 	<ul style="list-style-type: none"> - Weichenhebel - Fahrstraßenhebel - Blocktaste - Signalhebel 	
elektro-mechanisch (E43)	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrwegprüfung durch Hinsehen - Weichen im Fahrweg in richtige Stellung bringen - Verschließen der Fahrwegelemente und Hauptsignal in Fahrtstellung bringen 	<ul style="list-style-type: none"> - Weichenhebel - FS-Signalhebel 	
Relais (SpDrS60)	<ul style="list-style-type: none"> - Einfache 2-Tasten-Bedienung der Hauptsignale (als Anstoß der Kette automatisierter Aufgaben) 	<ul style="list-style-type: none"> - Zugstraßentasten 	<ul style="list-style-type: none"> - Weichen im Fahrweg in Solllage bringen - Verschließen der Fahrwegelemente - Fahrstraße festlegen - Hauptsignal in Fahrtstellung bringen
ESTW			<ul style="list-style-type: none"> - Weichen im Fahrweg in Solllage bringen - Verschließen der Fahrwegelemente - Fahrstraße festlegen - Hauptsignal in Fahrtstellung bringen

³ Zuglenkungen wurden nicht in elektronischen Stellwerken erstmalig eingesetzt, sondern fanden bereits in Relaisstellwerken häufig Anwendung. In elektronischen Stellwerken kann eine fahrplanbasierte Zuglenkung genutzt werden. Im Gegensatz zur fahrzielbasierten Zuglenkung, die bereits in Relaisstellwerken über Zuglenkziffern Anwendung fand, ist diese um die im Fahrplan vorgegebene Zugreihenfolge ergänzt. Bestimmte Situationen, welche unter fahrzielbasierter Zuglenkung oftmals nicht sinnvoll automatisiert stattfinden können (z.B. Pünktliche Ausfahrt eines Zuges zur Abfahrtszeit), lassen sich eher mit der fahrplanbasierten Zuglenkung automatisiert ausführen. In Tabelle 2 wird daher für Relaisstellwerke die Bedienung der Zugstraßentasten angegeben, für elektronische Stellwerke hingegen eine vollständige Automatisierung.

Tabelle 3 Elemente zur Umsetzung der aktiven Aufgaben nach Tabelle 2 für die einzelnen Bauformen

Mechanisches Stellwerk (Einheit)	Elektromechanisches Stellwerk (E43)
<div data-bbox="204 456 360 515">Weichenhebel (blau)</div> <div data-bbox="204 568 335 627">Signalhebel (rot)</div> <div data-bbox="204 714 349 772">Fahrstraßenhebel</div> <div data-bbox="204 972 322 999">Blocktaste</div>   	<div data-bbox="815 486 973 544">Weichenhebel (blau)</div> <div data-bbox="815 598 984 656">FS-Signalhebel (rot)</div>  <div data-bbox="916 781 1286 819" data-cs="2" data-kind="parent">Relaisstellwerk (SpDrS60)</div> <div data-kind="ghost"></div> <div data-bbox="815 927 973 1043">Stelltisch mit Zugstraßentasten im Gleisplan (rot)</div> 

Zum Einstellen einer Fahrstraße und dem Erteilen der Fahrterlaubnis sind im mechanischen Stellwerk im Regelfall zunächst die Weichen mittels der Weichenhebel in die korrekte Lage zu bringen. Anschließend sind die Weichenhebel mittels des Fahrstraßenhebels mechanisch zu verriegeln, die Elemente sind so gegenüber jeglicher Bedienung gesichert. Das Betätigen des Fahrstraßenhebels bewirkt außerdem, dass u.a. das Fahrstraßenfestlegefeld bedienbar wird. Dieses ist im nächsten Schritt durch Niederdrücken der zugehörigen Blocktaste zu bedienen. Durch diesen Vorgang wird u.a. der Fahrstraßenhebel fixiert und der Signalhebel entsperrt. Im Anschluss kann das Hauptsignal über den Signalhebel in Fahrtstellung gebracht werden [HEL64, WAR79].

Im elektromechanischen E43-Stellwerk sind grundsätzlich die gleichen Aufgaben wie im mechanischen Einheitsstellwerk erforderlich. Sie werden jedoch über anders gestaltete Bedienelemente und mittels anderer Handlungen ausgeführt. Anstatt der Benutzung von Stellhebeln im mechanischen Stellwerk sind die Handlungen im Wesentlichen über einfache Drehschalter auszuführen. Diese werden jedoch, wie bereits beschrieben, auch als Hebel bezeichnet. So sind die einzelnen Weichen im Fahrweg auch hier zunächst mittels einzelner Weichenhebel in die korrekte Lage zu bringen. Über die verschiedenen Stellungswinkel des zugehörigen Fahr-

straßensignalhebels werden zunächst die Fahrwegelemente verschlossen (Fahrstraßenfestlegung). Anschließend kann das zugehörige Hauptsignal in Fahrtstellung gebracht werden [HEL64].

Im Relaisstellwerk der Bauart SpDrS60 ist zum Erteilen einer Fahrterlaubnis mit den zugehörigen Vorgängen lediglich eine Zwei-Tasten-Bedienung auf einem Stelltisch erforderlich, welche ein einfaches Betätigen der Zugstraßentasten des zu stellenden Hauptsignals und des Folgehauptsignals – bzw. einer Zieltaste im Streckengleis – umfasst. Das Umstellen der Weichen im Fahrweg in die korrekten Lagen und (falls erforderlich) ein Umstellen von D-Weg-Weichen und Schutzweichen wird automatisiert vorgenommen. Anschließend werden die Weichen ebenfalls automatisch verschlossen, zugehörige Sperrsignale in die Sh1-Stellung gebracht, die Zugstraßenfestlegung ausgeführt und als Schritt zur Zulassung der Fahrzeugbewegung das Startsignal der Fahrstraße in den Fahrtbegriff umgestellt. Die einzelnen Schritte sind am Stelltisch durch wechselnde Ausleuchtungen einsehbar [ERN75].

Im elektronischen Stellwerk sind bei maximalem Automatisierungsgrad unter Umständen keinerlei aktive Aufgaben mehr erforderlich. Hier besteht die Aufgabe des Fahrdienstleiters unter entsprechender Zuglenkung ausschließlich aus der Überwachung der einzelnen Vorgänge, die auf den Anzeigebildschirmen dargestellt werden.

2.1.2 Stellentfernungen und Verzicht auf Sichtkontakte

Die Vergrößerung der Stellbereiche, beispielsweise im Zusammenhang mit der Errichtung eines elektronischen Stellwerks unter der zeitgleichen Ersetzung einer Vielzahl von Stellwerken der Alttechnik kleinerer Bedienbereiche, ermöglicht das Zusammenfassen der Fahrdienstleitung eines größeren Netzbereichs an einem Ort. Es stellt damit einen wesentlichen Faktor der Zentralisierung dar. Im Gegensatz zur mechanischen Alttechnik, die bedingt durch die begrenzte Muskelkraft nur relativ kurze Stellentfernungen zulässt (bei Weichen bis ca. 400 m, bei Signalen bis ca. 1200 m), sind bei elektromechanischer Technik aufgrund elektrischer Antriebe sowie Gleisfreimeldeanlagen größere Stellentfernungen möglich [PAC08]. Der Begriff der „Stellentfernung“ ist dabei als Distanz zwischen einem Infrastrukturelement und der zugehörigen Speisestelle definiert [FNT03, S. 117]. Für Stellwerke elektronischer Bauform sowie für Relaisstellwerke wird die zur Gewährleistung der notwendigen Stromversorgung bzw. zur Erfassung von Lampenausfällen maximal mögliche Stellentfernung für Lichtsignale bzw. Weichen in Abhängigkeit der verwendeten Kabelart mit ungefähr 6-8 km angegeben [FNT03]. Durch Speisung der Infrastrukturelemente eines Stellwerks von Einrichtungen außerhalb des Bedienplatzes und damit in näherer Entfernung zu den Elementen, was bei Relaisstellwerken bereits erste Anwendung fand und auch in elektronischen Stellwerken genutzt wird, können theoretisch unbegrenzt weite Stellentfernungen ermöglicht werden [WL87]. Die räumliche Distanz zwischen dem Bediener eines Stellwerks und einem Infrastrukturelement ist damit kein maßgebender Faktor mehr zur Bestimmung des Standortes eines Stellwerks.

Tabelle 4 Grenzen der Zentralisierung durch maximale Stellentfernungen der einzelnen Stellwerksbauformen

Ansteuerung	Bauform	Maximale Stellentfernung	Sichtkontakt zwischen Fdl und Zug / Infrastruktur / Signalen im Regelbetrieb möglicherweise erforderlich
mechanisch	mechanisch	bis 400 m (Weichen) bis 1200 m (Signale)	ja
	elektro-mechanisch	durch elektrische Antriebe größere Stellentfernungen möglich	
elektrisch	Relais	ca. 6 - 8 km	nein
	ESTW	(bei externer Energieversorgung der Infrastrukturelemente quasi unbegrenzt)	

Unter Ausnutzung der technischen Weiterentwicklungen zur Maximierung der Stellentfernung kann ein direkter Sichtkontakt zwischen Triebfahrzeugführer und Fahrdienstleiter in den neueren Stellwerksbauformen nicht mehr sichergestellt sein. In Folge der zentralisierten Anordnung von ESTW-Bedienplätzen in Betriebszentralen ist es sogar zum Regelfall geworden, dass sich die zu einem Stellwerk zugehörigen Bedienplätze fernab der zu steuernden Infrastruktur befinden. So wird z.B. das ESTW Braunschweig mit seinem Steuerbereich zwischen Weddel und Groß Gleidingen von Hannover aus ferngesteuert. Der Bedienplatz des Stellwerks befindet sich in der dortigen Betriebszentrale [EI03].

In bestimmten Betriebssituationen kann allerdings ein Sichtkontakt in Stellwerken älterer Bauformen zwischen Stellwerkspersonal und Fahrzeug bzw. zu befahrender Infrastruktur notwendig sein, um bestimmte Situationen beherrschen zu können. Dies ist beispielsweise zur Prüfung des Fahrwegs auf Freisein vor der Zulassung einer Zugfahrt der Fall⁴. In Stellwerken modernerer Bauformen sind ohne Sichtkontakt andere Lösungen zum Umgang der Szenarien erforderlich. Dies kann die Anwendung technischer Lösungen in Kombination mit deren Berücksichtigung im Regelwerk sein. So kommen zur Prüfung des Fahrwegs in den moderneren Stellwerksbauformen technische Gleisfreimeldeanlagen wie Gleisstromkreise oder Achszähler zur Anwendung [PAC08]. Derartige Lösungen ermöglichen erst die Umsetzung größerer Stellentfernungen.

Ein Wegfall des Sichtkontakts führt allerdings auch dazu, dass Hilfshandlungen, welche unmittelbaren Sichtkontakt erfordern (z.B. Räumungsprüfung), nicht mehr in der ursprünglichen Form ausführbar sind.

⁴ Siehe auch Tabelle 2 mit der Aufgabe der „Fahrwegprüfung durch Hinsehen“ als Vorbereitung zum Erteilen von Fahrterlaubnissen in Stellwerken mechanischer und elektromechanischer Bauform.

2.1.3 Entwicklung des Umfangs der Bedienbereiche

Ein Resultat aus der Ermöglichung größerer Stellentfernungen bei Verringerung des Platzbedarfs innerhalb des Bedienraums, sowie der Verlagerung zum im Regelbetrieb überwachten Aufgabenfeld, ist eine immer stärker ausgedehnte Anzahl an Stelleinheiten, welche von einem Stellwerk aus bedient werden kann. Eine Stelleinheit umfasst dabei die Komponenten Weiche, Gleissperre, Hauptsignal sowie Zusatzanzeiger [BOR07]. Da diese Elemente – unabhängig von der technischen Umsetzung – von allen Stellwerksbauformen aus gesteuert werden, stellt die durchschnittliche Anzahl an Stelleinheiten einen Parameter für die Vergleichbarkeit der durchschnittlichen Größen des Bedienbereichs der Stellwerke nach ihren verschiedenen Bauformen dar.

Tabelle 5 enthält eine Darstellung der Stellwerksanzahlen im Netz der Deutschen Bahn AG nach den vier Bauformen „mechanisch“, „elektromechanisch“, „Relais“ sowie „elektronisch (ESTW)“. Die Angaben zur elektronischen Stellwerksbauform umfassen ESTW-Zentralen bzw. ESTW-Unterzentralen (ESTW-Z /-UZ) mit den zugehörigen Außenstellen (ESTW-A) als ein einziges elektronisches Stellwerk. Weitere Informationen zu der Gesamtanzahl an Stellwerken und Stelleinheiten sind von Bormet [BOR07] beschrieben worden, eine Erläuterung der genannten ESTW-Komponenten ist im Abschnitt 4.3.1 nachzulesen.

Tabelle 5 Aufteilung der Stellwerke im Netz der Deutschen Bahn AG entsprechend der verschiedenen Bauformen nach [BOR07]⁵

Bauform	Anzahl Stellwerke	Stelleinheiten insg. (SE)	SE pro Stellwerk	Anteil Stellwerke	Anteil im Netz
mechanisch	1.923	27.590	14	41 %	11 %
elektromechanisch	680	21.300	31	15 %	9 %
Relais	1.830	141.231	77	39 %	58 %
elektronisch (ESTW)	232	54.708	236	5 %	22 %

Die Spalte „Stelleinheiten insg.“ der Tabelle 5 gibt die Gesamtzahl von Stelleinheiten über alle Stellwerke der jeweiligen Bauform wieder. Als Quotient aus der Anzahl an Stelleinheiten über eine Bauform und der Anzahl an Stellwerken lässt sich die durchschnittliche Anzahl an Einheiten pro einzelner Stellwerk ermitteln. Die Spalte „Anteil Stellwerke“ sagt aus, welchen prozentualen Anteil eine Bauform an allen im Netz der Deutschen Bahn vorhandenen Stellwerken ausmacht. Die Spalte „Anteil im Netz“ besagt, welcher Anteil des Gesamtnetzes durch welche Stellwerksbauform gesteuert wird. Dabei wird deutlich, dass die geringe Anzahl von elektronischen Stellwerken mit 5 % aller Stellwerke einen Infrastrukturanteil von 22 % steuert. Mit einer

⁵ Zur Angabe der Anzahl Stelleinheiten ist dem Verfasser der Dissertation kein aktuelleres Dokument bekannt, weshalb hier die Daten aus dem Jahre 2006 als Grundlage betrachtet werden. Es kann erwartet werden, dass sich eine mit der weiteren Entwicklung einhergehende Änderung in den Absolutzahlen der Stellwerke zu den einzelnen Bauformen nur gering auf die *durchschnittliche* Anzahl an Stelleinheiten pro Stellwerk auswirkt.

mittleren Anzahl von 14 Stelleinheiten pro Stellwerk mechanischer Bauform im Vergleich zu einer Zahl von 236 Einheiten im elektronischen Stellwerk lässt sich ermitteln, dass der Bedienbereich eines elektronischen Stellwerks im Durchschnitt 17 Mal so viele Stelleinheiten umfasst wie der eines mechanischen Stellwerks. Insbesondere in den größeren Stellwerken können jedoch in sämtlichen Bauformen mehrere Bediener zeitgleich tätig sein. So beschreibt die durchschnittliche Anzahl an Stelleinheiten keine Größe, welche sich auf den Steuerungsbe-
reich einer einzelnen Person bezieht. Die Zahlenwerte sind nur als Tendenz in der Vergröße-
rung der Bedienbereiche zu betrachten.

Einige elektronische Stellwerke umfassen allerdings eine weitaus höhere Zahl an Stellelemen-
ten als die ermittelte Durchschnittszahl. Das im August 1998 eröffnete und damals größte
deutsche elektronische Stellwerk, welches den Hauptbahnhof Hannover steuerte, wurde für
dessen Erstinbetriebnahme – und damit vor einer späteren Einbindung weiterer Infrastruktur-
bereiche bzw. dem Umzug in die Betriebszentrale Hannover – für die Steuerung von bereits
854 Stelleinheiten unter einer Bedienung durch nur fünf Fahrdienstleiterarbeitsplätze konzi-
piert [SIE96].

Aktuelle Angaben zur Gesamtzahl an Stellwerken im Netz der Deutschen Bahn und zum Anteil
elektronischer Stellwerke bestätigen die Entwicklung zur weiteren Vergrößerung der Stellbe-
reiche durch kontinuierlichen Ersatz einer Vielzahl an Stellwerken älterer Bauformen durch
wenige neue elektronische Stellwerke. Während sich die Länge aller Gleise im Netz der Deut-
schen Bahn von 64.226 km im Jahre 2006 auf 61.610 km im Jahre 2012 mit rund 4 % nur
unwesentlich verkleinert hat [DB07, DB12], nahm die Gesamtzahl an Stellwerken in einem
weitaus größeren Umfang ab. Die Anzahl an elektronischen Stellwerken nimmt in dieser Ent-
wicklung allerdings kontinuierlich zu, wie in Tabelle 6 dargestellt. So hat sich im Zeitraum zwi-
schen 2006 und 2013 die Anzahl der Stellwerke im Gesamtnetz der DB um mehr als 1.500
verringert. Diese sind aufgrund der nahezu konstant verbleibenden Gleislänge in Summe
durch rund 180 elektronische Stellwerke ersetzt worden⁶. Im Rahmen dieser Entwicklung wur-
den eher die mechanischen und elektromechanischen Stellwerke ersetzt als die mit wesentlich
weniger Arbeits- und Instandhaltungsaufwand zu betreibenden Relaisstellwerke. So wurden
in den Jahren von 2006 bis 2013 insgesamt 50 % aller mechanischen Stellwerke, 46 % aller
elektromechanischen Stellwerke und ca. 13 % aller Relaisstellwerke ersetzt. Im Jahre 2013
sind im Netz der Deutschen Bahn noch Stellwerke aller beschriebenen, gängigen Bauformen
anzutreffen. Es ist zu erwarten, dass sich der Trend der kontinuierlichen Ersetzung älterer
Stellwerke durch Stellwerke elektronischer Bauform, einhergehend mit einer Zentralisierung
der Steuerung des Bahnbetriebs, auch in Zukunft fortsetzen wird [BOR07, DB06, EI13].

⁶ Zahlen für sonstige Jahre werden an dieser Stelle nicht betrachtet, da verschiedenen Quellen unter-
schiedliche Definitionen für elektronische Stellwerke zu Grunde liegen. Im Gegensatz zu den betrach-
teten Quellen berücksichtigen Zahlen in anderen Veröffentlichungen nicht nur ESTW-Z bzw. -UZ, son-
dern jedes ESTW-A als ein elektronisches Stellwerk.

Tabelle 6 Entwicklung der Anzahl an Stellwerken in den Jahren zwischen 2006 und 2013 nach [BOR07, EI13]

Bauform	Anzahl Stellwerke (2006)	Anzahl Stellwerke (2013)	ersetzte Stellwerke (absolut)	ersetzte Stellwerke (proz.)
mechanisch	1.923	960	963	50 %
elektromechanisch	680	370	310	46 %
Relais	1.830	ca. 1.600	ca. 230	ca. 13 %
elektronisch (ESTW)	232	415	-	-
Gesamtzahl	4.665	ca. 3.345	ca. 1.503	-

2.1.4 Zusammenfassung

Im Laufe der historischen Entwicklung wurden im Regelbetrieb viele aktive Aufgaben des Fahrdienstleiters automatisiert. Das Tätigkeitsbild hat sich vom aktiven zum überwachenden Aufgabenfeld gewandelt. Die Entwicklung ließ außerdem größere Stellentfernungen zu und erlaubte eine beständige Vergrößerung der Steuerungsbereiche. Ein Fahrdienstleiter ist damit im Stellwerk elektronischer Technik für einen durchschnittlich weitaus größeren Bedienbereich zuständig als in Stellwerken älterer Bauformen.

Aus dem Entwicklungsprozess vom aktiven zum überwachenden Aufgabenfeld stellt sich u.a. die Frage, ob ein Fahrdienstleiter in einem elektronischen Stellwerk während der Durchführung des Betriebs stets über ein ausreichendes Situationsbewusstsein verfügen kann und inwiefern die dargestellten Faktoren aus der historischen Entwicklung, wie die Vergrößerung des Bedienbereichs, das Situationsbewusstsein beeinflussen können. Es kann angenommen werden, dass die Verringerung von aktiven Aufgaben zu einer Verminderung des Situationsbewusstseins führt. Im Folgenden wird dieses näher betrachtet.

2.2 Unzureichendes Situationsbewusstsein als grundlegende Ursache für menschliche Fehlhandlungen bzw. für die Unterlassung notwendiger Handlungen

Das Situationsbewusstsein am Arbeitsplatz bezeichnet nach Endsley zusammengefasst die Wahrnehmung von Merkmalen zu den Elementen der Arbeitsumgebung sowie ein Verständnis von deren Bedeutung im aktuellen und zukünftigen Zustand [END88].

2.2.1 Einordnung des Situationsbewusstseins in Ebenen mentaler Komplexität

Das Situationsbewusstsein lässt sich grundsätzlich in drei Ebenen verschiedener mentaler Komplexität unterteilen. Diese sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Ebenen des Situationsbewusstseins nach [END96]

Ebene	Beschreibung
1	Erkennung von kritischen Faktoren in der Umgebung
2	Verstehen der Bedeutung der kritischen Faktoren in Bezug auf die gegebene Zielstellung
3	Ableitung zukünftiger Vorgänge bzw. Situationen im System

Danach setzt sich das Situationsbewusstsein aus der Erkennung der aktuellen Situation mit einem eventuellen Erfordernis aktiver Handlungen zusammen (Ebene 1). Die bloße Erkennung einer Situation geht mit dem mentalen Verarbeiten der Situation einher, also dem Verstehen der Bedeutung einer Situation (Ebene 2). Darauf baut wiederum die Fähigkeit zur Ableitung von zukünftigen Zuständen maßgebend auf (Ebene 3). Die drei Ebenen stehen in direktem Zusammenhang, indem die zugehörigen mentalen Vorgänge aufeinanderfolgend ablaufen und sich gegenseitig beeinflussen.

Die Wichtigkeit eines ausreichenden Situationsbewusstseins lässt sich durch die Tatsache begründen, dass der Mensch nur dann die erforderlichen Handlungen korrekt ableitet und ausführt, sofern die Situation richtig erfasst wurde, er sich also der Situation bewusst geworden ist. Dieses setzt die korrekte Beherrschung der drei genannten Ebenen voraus.

2.2.2 Notwendigkeit von Kenntnissen zur aktuellen Betriebssituation für die Gewährleistung eines möglichst konfliktfreien Betriebsablaufs

Im Regelbetrieb unter aktiven Aufgaben, also beispielsweise in einem Spurplan-Drucktastenstellwerk ohne Zuglenkung, ist ein Fahrdienstleiter ständig gezwungen, den Betrieb zu beobachten und erforderliche Handlungen abzuleiten. Sofern er dieser Aufgabe nicht nachgeht, verkehren einzelne Züge innerhalb seines Bedienbereichs nur bis zu den jeweils nächsten Signalen, die alle in Haltstellung verbleiben. Sind in älterer Technik manuell auszuführende Aufgaben später automatisiert worden, so geht der Fahrdienstleiter überwachenden Aufgaben nach, er überwacht den korrekten Ablauf der automatischen Vorgänge (beispielsweise das Einstellen von Fahrstraßen für einzelne Zugfahrten). Je mehr Aufgaben automatisiert ablaufen, umso weniger sind manuelle Eingriffe erforderlich und umso mehr Aufgaben sind zu überwachen. Unter Anwendung insbesondere einer fahrplanbasierten Zuglenkung (siehe auch Abschnitt 4.2.2.3) können unter Umständen sämtliche Aufgaben automatisiert ablaufen, wodurch der Umfang aktiver Aufgaben auf ein Minimum verringert werden kann und die Anzahl überwachender Aufgaben in größtmöglichem Umfang ausgedehnt wird. Der Fahrdienstleiter hat dabei den gesamten Betrieb zu überwachen und nur einzugreifen, sofern dies im besonderen Fall erforderlich ist.

Grundsätzlich stellt sich beim überwachenden Aufgabenbild die Frage, inwiefern es nötig ist, dass ein Fahrdienstleiter Kenntnisse zur aktuell vorherrschenden Situation besitzen muss oder ob es nicht ausreichend ist, wenn dieser sich erst nach Eintritt einer Unregelmäßigkeit mit der aktuellen Situation beschäftigt. Technische Unregelmäßigkeiten an der Infrastruktur des Bedienbereichs können über die Anzeigen dem Fahrdienstleiter mitgeteilt werden (siehe auch Abschnitt 5.4). Betriebliche Unregelmäßigkeiten, denen nicht eine technische Störung eines Infrastrukturelements oder eine Störung im Bereich eines anderen Stellwerks zu Grunde liegt, werden spätestens dann deutlich, wenn ein Fahrdienstleiter eine fernmündliche Anfrage eines Triebfahrzeugführers erhält. Damit erscheint es für den Fahrdienstleiter möglicherweise nicht erforderlich, kontinuierlich das Geschehen auf seinen Bildschirmen zu verfolgen. Es kann vermutet werden, dass ihm diese Tatsachen bewusst sind bzw. mit zunehmender Erfahrung am Arbeitsplatz bewusst werden. Das kann wiederum bewirken, dass ein Fahrdienstleiter seine Bildschirme seltener betrachtet, was wiederum zwangsläufig dazu führt, dass er die vorherrschende Situation seltener erfasst und mögliche Erfordernisse des manuellen Eingreifens gar nicht oder lediglich verzögert bemerkt. Es wird erkennbar, dass die Wahrscheinlichkeit für ein unzureichendes Situationsbewusstsein beim Fahrdienstleiter erhöht sein kann, sofern im Regelbetrieb viele Aufgaben automatisiert ablaufen.

Wichtigkeit kurzfristiger Handlungen im Betriebsablauf

Bedingt durch die Spurführung des Systems Eisenbahn sowie das Fahren im festen Raumabstand kann sich eine Unregelmäßigkeit im Betriebsablauf kurzfristig auf eine hohe Anzahl an Fahrzeugbewegungen auswirken. Dieses kann sich in Form von Verspätungen zeigen. Verspätungen werden insbesondere bei hoher Netzauslastung oder Anschlussbeziehungen im Personenverkehr schnell auf eine Vielzahl anderer Fahrzeugbewegungen im Netz übertragen

und sind oft im Tagesverlauf nur schwer abbaubar. Deshalb ist es erforderlich, eine Unregelmäßigkeit zeitnah zu bemerken und die Auswirkungen auf die gesamte Betriebslage abzuschätzen. Nur so können Maßnahmen abgeleitet werden, die notwendig sind, um die Entstehung einer Verspätung zu verhindern. Bei bereits eingetretener Verspätung kann versucht werden, die Übertragung der Verspätung auf bestimmte andere Fahrzeuge bzw. auf den gesamten Betrieb im Netz so gering wie möglich zu halten.

Besonders der Zeitpunkt des Auftretens einer technischen Unregelmäßigkeit an der Infrastruktur ist im Gegensatz zur Auswirkung einer bereits vorhandenen Verspätung einer Zugfahrt auf den übrigen Betrieb im Netz nicht abschätzbar. Eine kurzfristige Ableitung und Ausführung der notwendigen Entscheidungen ist dann gewährleistet, wenn sich der Fahrdienstleiter nicht erst nach Eintritt einer Störung mit der Betriebslage in seinem Bedienbereich beschäftigt.

Unvorhersehbar auftretende Verspätungen können beispielsweise auch aus hohem Reisendenaufkommen bei Reisezügen resultieren, aus technischen Defekten an den Fahrzeugen oder auch aus Einflüssen, welche ihre Ursache außerhalb des Systems Eisenbahn haben⁷. Derartige Situationen können gleichermaßen ein kurzfristiges aktives Handeln erfordern.

Zusammengefasst ist es nicht ausreichend, dass ein Fahrdienstleiter sich erst nach Aufforderung durch das Fahrpersonal oder nach Anzeige einer technischen Störung mit der aktuellen Betriebssituation befasst. Stattdessen ist es zur korrekten Ableitung kurzfristiger Handlungen erforderlich, dass sich der Fahrdienstleiter kontinuierlich mit der Ist-Situation im Bedienbereich beschäftigt, sowie die Notwendigkeit aktiven Handelns erkennt und zeitig umsetzt.

2.2.3 Bedeutung des Situationsbewusstseins in der typischen Folge aus Wahrnehmung, Handlungsableitung und –ausführung

Nach Erfassung einer Situation kann der Fahrdienstleiter ableiten, ob eine bzw. welche aktive Handlung auszuführen ist. Anschließend kann dieser die Handlung vollziehen. Ableitung und Ausführung von Handlungen hängen somit vom Situationsbewusstsein ab. Abbildung 2 beschreibt diese Abhängigkeit und zeigt die Wichtigkeit eines ausreichend vorhandenen Situationsbewusstseins als Basis für Folgehandlungen. Es handelt sich um einen Kreislauf, welcher aus der stetigen Abfolge von Wahrnehmung, einer anschließenden Erkennung der vorliegenden Situation sowie der Ableitung und Ausführung darauf basierender Handlungen besteht. Die ersten drei Faktoren des Kreislaufs entsprechen den drei Ebenen bzw. deren Umsetzung nach [END96], die Darstellung ergänzt die Ebenen des Situationsbewusstseins um die eigentliche Aufgabenausführung und beschreibt den gesamten Arbeitsablauf im Rahmen einer typischen Betriebsdurchführung. Nach Abschluss der Handlungen, bzw. je nach Situation möglicherweise auch schon zuvor, kann die Beobachtung der Bildschirmanzeigen fortgesetzt werden, bis das Erfordernis des nächsten manuellen Eingriffs erkannt wird.

⁷ Dieses betrifft beispielsweise Schäden durch Extremwetterlagen, Sabotage oder Suizidversuche, die eine temporäre Einschränkung des Betriebs erfordern und damit Verspätungen verursachen.

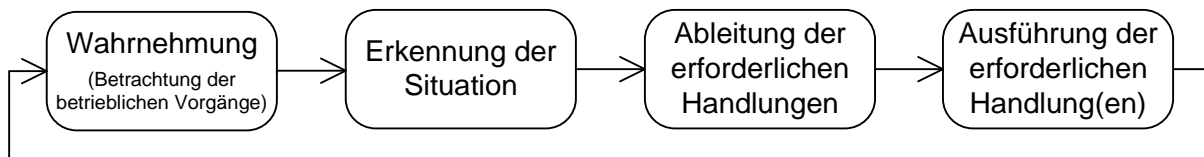
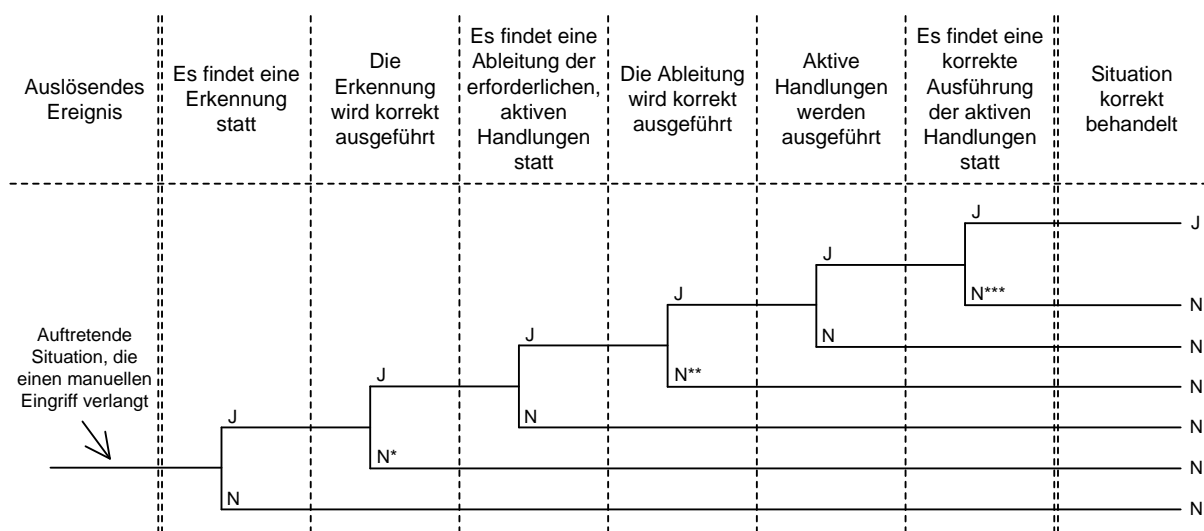


Abbildung 2 Typische Folge aus Wahrnehmung, Handlungsableitung und -ausführung im Betriebsablauf

Die Ausführung von aktiven Handlungen hängt maßgeblich davon ab, ob das Erkennen einer Situation, die einen manuellen Eingriff erfordert, korrekt oder fehlerhaft ausgeführt wurde bzw. unterlassen blieb. Der Zusammenhang zwischen dem Erkennen, dem Ableiten der erforderlichen Handlungen und deren Ausführung mit den Möglichkeiten der Folgen von korrekter, fehlerhafter und unterlassener Durchführung wird in Abbildung 3 dargestellt. Dieses verdeutlicht nochmals die Bedeutung eines korrekten Situationsbewusstseins als Basis zum fehlerfreien Ausführen von aktiven Handlungen.



*) Eine Erkennung findet zwar statt, ist aber fehlerhaft.

**) Die Ableitung der erforderlichen aktiven Handlungen findet zwar statt, wird aber fehlerhaft ausgeführt.

***) Die Ausführung der Handlungen findet fehlerhaft statt.

Abbildung 3 Erfüllung der Aufgaben von Erkennung, Ableitung und Ausführung mit ihren Fehlermöglichkeiten

Abbildung 3 zeigt, dass die korrekte Ableitung einer Handlung nicht zu deren fehlerfreier Ausführung führen muss. Stattdessen kann es auch hier zu fehlerhaften oder aber unterlassenen Handlungen kommen. Dies ist aber, da die Handlungen zuvor korrekt abgeleitet worden sind, nicht einem mangelnden Situationsbewusstsein zuzuschreiben sondern beruht auf anderen Faktoren. So können derartige Fehlhandlungen auf unzureichendem Fachwissen zur Ausführung aktiver Aufgaben beruhen. Dieses kann wiederum aus der Tatsache resultieren, dass die spezielle Aufgabe nicht im Regelbetrieb, sondern nur in einem bestimmten Szenario des Störungsbetriebs vorkommt und so selten ausgeführt werden muss, dass diese vom Bedienpersonal nicht in ausreichendem Maße beherrscht wird. In Abhängigkeit der korrekten bzw. nicht korrekten Erkennung einer Situation, die einen manuellen Eingriff erfordert, existieren unter

ausschließlicher Betrachtung des Situationsbewusstseins drei Grundscenarien im Zusammenhang zwischen überwachender und anschließender aktiver Aufgabe.

Tabelle 8 Grundscenarien zwischen überwachender und anschließender, aktiver Aufgabe

Szenario	Beschreibung
1	Die Ausführung der überwachenden Aufgabe zur Erkennung einer bestimmten Situation wird unterlassen. Es liegt fehlendes oder unzureichendes Situationsbewusstsein vor.
2	Die Ausführung der überwachenden Aufgabe zur Erkennung einer bestimmten Situation wird fehlerhaft ausgeführt. Auch hier liegt fehlendes oder unzureichendes Situationsbewusstsein vor.
3	Die Ausführung der überwachenden Aufgabe zur Erkennung einer bestimmten Situation wird korrekt ausgeführt. Es liegt Situationsbewusstsein in ausreichendem Maße vor.

Unzureichendes Situationsbewusstsein kann damit maßgebend zur inkorrekten Ableitung und bzw. oder fehlerhaften Ausführung von Folgeaufgaben führen.

2.2.4 Problematik der kontinuierlich auszuführenden Überwachung als Grundaufgabe

Im Betriebsablauf des Fahrdienstleiters kann das Erfordernis einer Überwachung der Bildschirme als kontinuierlich auszuführende, überwachende Tätigkeit (im Weiteren als „Grundaufgabe“ bezeichnet) angesehen werden. Dies bedeutet, dass jede andere Tätigkeit sich mit dieser Grundaufgabe zeitlich überlagert und die überwachende Grundaufgabe während der Ausführung einer aktiven Tätigkeit zumindest temporär vernachlässigt wird. Denkbar ist auch ein entgegengesetztes Szenario – die Vernachlässigung einer anderen Aufgabe und dadurch eine umfangreichere Nutzung mentaler Ressourcen zur Bewältigung der überwachenden Grundaufgabe. Dieses kann ein höheres Situationsbewusstsein bezüglich der aktuellen Gegebenheiten im Bedienbereich bewirken und wird an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

Zusammengefasst wird deutlich, dass aktive Aufgaben zur Vernachlässigung der überwachenden Grundaufgabe der Bildschirmüberwachung, welche eine wesentliche Grundlage zur Gewährleistung eines ausreichenden Situationsbewusstseins darstellt, führen können. Aus dieser Vernachlässigung können ebenfalls Fehler in der Ableitung bzw. Ausführung von Folgeaufgaben resultieren.

2.2.5 Fehlerpotenzial bei sonstigem Betriebspersonal durch unzureichendes Situationsbewusstsein des Fahrdienstleiters

Unzureichendes Situationsbewusstsein kann, wie bereits beschrieben, u.a. zur Verzögerung oder Unterlassung von erforderlichen, aktiven Handlungen führen. Betriebsbehindernde Folgen müssen allerdings nicht ausschließlich auf Fehler eines Fahrdienstleiters zurückzuführen sein. Sie können auch durch die Existenz jeglicher Interaktion zwischen Stellwerks- und sonstigem Personal begünstigt werden. Eine verzögert ausgeführte oder ausbleibende Handlung eines Fahrdienstleiters kann beispielsweise dazu führen, dass ein Triebfahrzeugführer eigenständige Handlungen vornimmt, zu denen er zwar nicht berechtigt ist, aber durch die vorherige Fehlhandlung des Fahrdienstleiters veranlasst wird.

3 Untersuchung des erforderlichen Personalbedarfs in deutschen Stellwerken

Die Ermittlung des erforderlichen Personalbedarfs und darauf basierend der Personaleinsatz in einem Stellwerk kann sich auf die Entstehung menschlicher Fehler maßgebend auswirken. So hängt von der Bemessungsmethode bzw. den Untersuchungsergebnissen ab, wie ausgeht der Steuerungsbereich ist, der einem Stellwerksbediener maximal zugewiesen werden sollte. Die Anzahl an steuerbaren sowie anzeigenden Elementen kann die Häufigkeit notwendiger manueller Eingriffe beeinflussen, die Übersichtlichkeit des Bedienbereichs und damit letztendlich die Komplexität von Erlangen und Bewahren eines Situationsbewusstseins. Im Folgenden werden die in der Vergangenheit beschriebenen Ansätze und die in der Gegenwart angewandte Methode zur Abschätzung des Personalbedarfs zusammengefasst. Anschließend folgt eine Beurteilung des aktuell angewandten Untersuchungsverfahrens.

3.1 Abschätzung des Personalbedarfs in der Vergangenheit

Ausgehend von überwiegend aktiven Aufgaben, deren menschliche Beanspruchung im Wesentlichen durch Zeitverbräuche determiniert ist, sind bereits in ferner Vergangenheit eine Vielzahl an Studien ausgeführt worden. Die im Folgenden genannten Literaturquellen geben Beispiele bedeutender Veröffentlichungen zum Themenbereich der Untersuchung des Personalbedarfs bzw. generell zu Zeitverbräuchen im Eisenbahnwesen wieder. Es handelt sich um keine Komplettauflistung, wobei auch aus der Nennung von Beispielen hervorgeht, dass sich bereits früher zur Beantwortung von Fragen verschiedener Schwerpunkte mit Zeitstudien auseinandergesetzt worden ist.

Bereits vor der großflächigen Einführung von Gleisbildstellwerken wurden u.a. recht umfangreiche Untersuchungen zu Zeitverbräuchen von Detailtätigkeiten durchgeführt, so beispielsweise von Hofmann [HOF30] für die Tätigkeiten des Bedieners eines mechanischen Stellwerks im Vergleich der sächsischen und preußischen Blocksysteme. Ziele der Betrachtungen waren zunächst die Beschleunigung des Betriebs in Bahnhöfen, verbunden mit der Entwicklung von Maßnahmen zur Verkürzung der Gesamtdauer von Ein- sowie Ausfahrblockungen. Weitere Beiträge weisen auf die grundsätzliche Wichtigkeit von Zeitstudien hin, so insbesondere auch zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Personals bzw. zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Arbeitsweise konkreter Stellwerke [TEC27]. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die Länge der Dauer eines Lokomotivwechsels mit allen damit verbundenen Handlungen umfassend analysiert worden [RAB26]. In weiteren Fachbeiträgen wurde die Bedeutung derartiger Untersuchungen nochmals bestärkt, dabei wurde z.B. der Einfluss von „Weichen und Signale bedienenden Personen“ [TET26] beschrieben, auch mit dem Ziel der „möglichst vollkommenen Erreichung eines technischen Zwecks mit dem geringsten Aufwand“ [STE26].

Auch im Zusammenhang mit der Entwicklung von Gleisbildstellwerken wurde in verschiedenen Veröffentlichungen auf die Wichtigkeit von Arbeits- und Zeitstudien im Eisenbahnwesen, insbesondere auch zur Bemessung des Personalbedarfs, hingewiesen [BA64, HAP71]. Kon-

krete Zahlenwerte zur Fahrstraßenbildung und -auflösung, auch im Vergleich zwischen verschiedenen Stellwerksbauformen, wurden beispielsweise von Sasse [SAS53] untersucht. Dabei zeigte sich u.a., dass sowohl bei mechanischen als auch bei elektromechanischen Stellwerken ein wesentlicher Anteil der Fahrstraßenbildezeiten durch das Vorhandensein mehrerer voneinander abhängiger Stellwerke und der zwischen diesen notwendigen Kommunikationsbeziehungen bestimmt werden. In Gleisbildstellwerken kommt dies nicht in einem derartigen Umfang zum Tragen bzw. ist die Zeitersparnis umso größer, je weniger Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Stellwerken bestehen.

Eine zusammenfassende Übersicht zu in der Vergangenheit bedeutenden Literaturquellen zur Erfassung von Zeitverbräuchen für Bedienungen in Stellwerken ist auch von Potthoff [POT80] beschrieben worden.

3.2 Ermittlung des Personalbedarfs in der Gegenwart nach der Richtlinie zur Bemessung der Arbeitsplätze

Die Bemessung des Personalbedarfs erfolgt derzeit nach der Richtlinie „Bemessung der Arbeitsplätze“ [DB95], welche in ihrer ursprünglichen und bisher nicht überarbeiteten Fassung aus dem Jahre 1995 im Wesentlichen einen Entwurf der Arbeitsgruppe „Bemessungsgrundlagen für Betriebszentralen“ [DB94] wiedergibt. Das Verfahren dient zur Bemessung von Arbeitsplätzen „geistig-informativischer“ Tätigkeiten, womit es offensichtlich auch von überwachenden Arbeitsaufgaben seitens des Bedienpersonals ausgeht. Unter Betrachtung spezieller Anwendungstabellen zur Berücksichtigung aktiver Arbeitsvorgänge wird jedoch beschrieben, dass dieses Verfahren auch zur Bemessung von Spurplanstellwerken genutzt werden kann.

Analog zu früheren Ansätzen verfolgt die Richtlinie die Bemessung der Arbeitsplätze über Zeitverbräuche für bestimmte Handlungen. Im Folgenden werden die wesentlichen Inhalte der Richtlinie mit der Bemessung anhand des sogenannten Infopunktesystems zusammenfassend dargestellt.

3.2.1 Grundlagen der Bemessungsmethode

In der Richtlinie wird ausgesagt, dass mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens die Bemessung von Arbeitsplätzen durch eine Untersuchung von Flutstunden ausgeführt werden soll. Dabei wird berücksichtigt, dass eine Beanspruchung durch „geistig-informativische“ Tätigkeiten nicht unmittelbar zeitlich erfasst werden kann. Hier findet der Ansatz Anwendung, die Anzahl an Informationsaufnahmen als Größe der Beanspruchung zu betrachten. In dem Zusammenhang wird beschrieben, dass sich die Verarbeitung von Informationen zwar nicht eindeutig bemessen lasse, eine Informationsaufnahme jedoch entsprechend gewichtet wird, um den zugehörigen Aufwand weiterer mentaler Arbeit nicht zu vernachlässigen. Für 14 verschiedene, unmittelbare fahrdienstliche Grundtätigkeiten werden Bewertungspunkte in Form von Informationsaufnahmen vorgegeben, über die im weiteren Untersuchungsablauf die Beanspruchung des Bedienpersonals abgeleitet werden kann. Dabei handelt es sich sowohl um rein überwachende als auch aktive Tätigkeiten mit der Überwachung korrekter, technischer Umsetzung.

Zur Bewertung aktiver Tätigkeiten sind die zu deren Ausführung benötigten Zeitverbräuche in eine entsprechende Anzahl an Informationsaufnahmen umgerechnet worden. Dieses ermöglicht in der weiteren Betrachtung eine Summierung der Beanspruchung durch sowohl aktive als auch überwachende Aufgaben. Zusätzlich lässt sich zur Bewertung von Instandhaltungsarbeiten für Weichen ein vorgegebener Pauschalwert berücksichtigen. Im weiteren Dokument ist nachzulesen, dass für sämtliche Handlungen außerhalb fahrdienstlicher Grundtätigkeiten Zeitwerte anzusetzen sind, welche auch zunächst in Informationsaufnahmen umgerechnet werden müssen. Diese sind ebenfalls für verschiedene operative und dispositive, kundendienstliche sowie sonstige Aufgaben mit konkreten Angaben vordefiniert. Tabelle 9 fasst die beschriebenen Tätigkeiten zur Bemessung der Arbeitsbelastung zusammen.

Tabelle 9 Tätigkeiten zur Bemessung der Arbeitsbelastung nach [DB95]

Nr.	Tätigkeiten zur Bemessung der Arbeitsbelastung
1	Unmittelbare fahrdienstliche Tätigkeiten
1.1	Zugnummer bei Einbruch in Fdl-Bereich von ZN-Feld aufnehmen
1.2	Dispo bei Einbruch in Fdl-Bereich von ZN-Feld aufnehmen
1.3	Eingabe Zugfahrstraße bis Feststellen des Einlaufs
1.4	Zuglauf auf Stelltafel bzw. Monitor beobachten
1.5	Dispo je Halt bei Reisezügen
1.6	Zugfertigmeldung
1.7	Zugnummer löschen bzw. eingeben
1.8	Dispo bei Wagenübergang oder Lokwechsel
1.9	Dispo und Vereinbarung der Rangierfahrt
1.10	Eingabe Rangierstraße
1.11	Rangierbewegung auf Monitor bzw. Stelltafel überwachen
1.12	Gefahrraumprüfung und BÜFT-Bedienung
1.13	Dispo bei Kreuzungen auf eingleisigen Strecken
1.14	Anbieten oder Annehmen über ZN-Anlagen bei eingleisigen Strecken
2	Informationsbewertung für Instandhaltungsarbeiten
3	Ggf. Arbeitsbelastung durch Tätigkeiten über Zeitwerte (operative + dispositive, kundendienstliche, sonstige Aufgaben)

Für die maximale Anzahl an Informationsaufnahmen ist ein Grenzwert von 300 Aufnahmen pro Stunde vorgegeben. Da im weiteren Ablauf der Untersuchung in Halbstundenschritten Betrachtungen vorgenommen werden, beträgt die maximale Anzahl hier 150 Aufnahmen. Der

Maximalwert wird nicht als starr angesehen und kann überschritten werden, sollte es jedoch nach Möglichkeit nicht über mehrere aufeinanderfolgende Halbstundenschritte.

3.2.2 Vorbereitung und Ausführung der Untersuchung

Zur Bemessung sind zunächst Infrastruktur und Betriebsprogramm festzulegen. Anschließend werden Modellzüge definiert. Für die einzelnen Modellzüge sind nach den in Tabelle 9 beschriebenen Tätigkeiten die im Rahmen eines Zuglaufs anfallenden Informationsaufnahmen zu summieren. Für halbstündige Betrachtungszeiträume wird die Anzahl verkehrender Modellzüge mit der für diese ermittelten Summen an Informationsaufnahmen multipliziert. Ebenso berücksichtigt werden Rangierfahrten. Als Zwischensumme lässt sich die Arbeitsbelastung durch unmittelbare fahrdienstliche Tätigkeit ermitteln⁸. Übrige Arbeitsbelastungen, ermittelt durch Instandhaltung sowie über Zeitwerte, werden ebenfalls aufaddiert und ergeben so die Gesamtarbeitsbelastung, die mit dem genannten Maximalwert verglichen werden kann. Als Quotient aus Gesamtarbeitsbelastung und maximal zulässiger Belastung lässt sich der Belastungsgrad des Personals ermitteln.

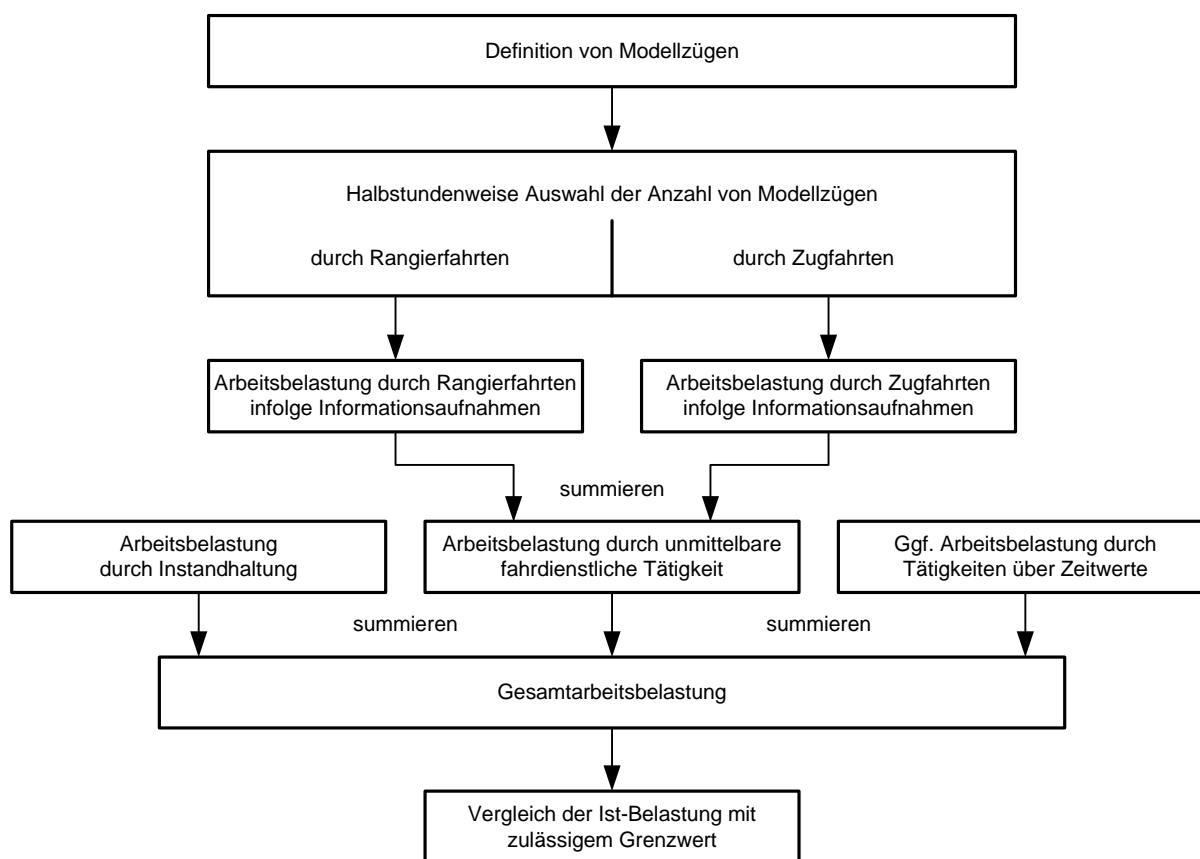


Abbildung 4 Ermittlung der einzelnen Größen zur Bestimmung der Arbeitsbelastung als Grundlage zur Bemessung von Arbeitsplätzen nach [DB95]

⁸ In den weiteren Abschnitten wird die Beanspruchung des Menschen auch als „Belastung“ bzw. „Probandenbelastung“ bezeichnet, die einer Infrastruktur als „Auslastung“ bzw. „Netzauslastung“.

Zur Bestimmung der halbstündigen Arbeitsbelastung durch Rangierfahrten wird angemerkt, dass im Bemessungsverfahren der Startpunkt einer Rangierfahrt bzw. bei Zugfahrten die Ankunftszeit eines Zuges im Bedienbereich als maßgebend zu erachten ist. Dieses kann zu Fehleinschätzungen führen, wenn sich die mit den einzelnen Fahrten verbundenen Informationsaufnahmen über mehrere Zeitabschnitte erstrecken. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Ungenauigkeiten ausgleichen bzw. nicht maßgebend auswirken.

3.2.3 Ausführung eines Berechnungsbeispiels

Die Tabellen 10 und 11 zeigen eine Beispielberechnung des Belastungsgrads eines Fahrdienstleiters. Entsprechend des erläuterten Ablaufs sind zunächst die Arbeitsbelastungen durch unmittelbare fahrdienstliche Tätigkeiten, Zeitwerte sowie die Arbeitsbelastung durch Instandhaltung für die einzelnen Modellzüge zu ermitteln. In Tabelle 10 sind für den Modellzug 1 der Tabelle 11 die Punkteangaben zu den einzelnen Tätigkeiten aufgeführt. Diese sind der Anlage 1 [DB95] entnommen. Der Modellzug 1 beginnt beispielsweise seinen Zuglauf im zu betrachtenden Bereich, weshalb u.a. die Zugfertigmeldung als Einflussgröße berücksichtigt wird. Des Weiteren verfügt der Modellzug über drei Halte im Stellbereich. In diesem befindet sich außerdem ein Bahnübergang, der eine Überwachung des Schließvorgangs erfordert. Der hierfür anzusetzende Zeitverbrauch ist in Anlage 2 [DB95] mit 50 Sekunden für „BÜ-Schließvorgang überwachen“ vorgegeben. Ausgehend von einer Maximalbelastung von 150 Informationsaufnahmen pro halber Stunde entspricht eine Informationsaufnahme einem Zeitraum von 12 Sekunden. Die Überwachung des BÜ-Schließvorgangs ist dementsprechend mit 4,2 Infopunkten in der weiteren Betrachtung zu berücksichtigen. Ein Infopunkt entspricht vom zeitlichen Umfang einer Informationsaufnahme. Gemäß der Vorgabe zur „Informationsbewertung für Instandhaltungsarbeiten“ werden in der Berechnung 10 Infopunkte je Weiche und Tag für die Tagesarbeitszeit (Vorgabe: 6-16 Uhr) berücksichtigt. Dieses entspricht bei einer Gesamtanzahl von 50 Weichen im Steuerungsbereich 25,0 Infopunkten für den Zeitraum einer halben Stunde.

Tabelle 10 Ermittlung von Arbeitsbelastung durch Informationsaufnahmen für einen Beispielzug

Art der Tätigkeit	Tätigkeit	Pkte
Unmittelbare fahrdienstliche Tätigkeiten	Eingabe Zugfahrstraße bis Feststellen des Einlaufs	1,5
	Zuglauf auf Stelltafel bzw. Monitor beobachten (Annahme: 5 Fahrstraßen)	5,0
	Dispo je Halt bei Reisezügen (Annahme: Modellzug hat 3 Halte)	3,0
	Zugfertigmeldung	1,0
	Zugnummer löschen bzw. eingeben	1,0
	Gefahrraumprüfung und BÜFT-Bedienung	1,0
Zeitwerte	Schrankenbedienung (Annahme: Modellzug befährt einen manuell zu schaltenden BÜ)	4,2
Instandhaltung	Weichen (Annahme: 50 Weichen im Stellbereich)	25,0

Im Beispiel aus Tabelle 10 werden in Summe 16,7 Infopunkte für die Fahrt des Modellzuges durch den Bedienbereich berechnet. Der Instandhaltungsaufwand gilt nicht für einen bestimmten Modellzug, sondern für die Untersuchung des gesamten Steuerbereichs.

Basierend auf Tabelle 10 beschreibt Tabelle 11 die Betrachtung des Betriebsprogramms im gesamten Steuerbereich des Fahrdienstleiters. In den Halbstundenabschnitten zwischen 8 und 10 Uhr finden zwei bzw. vier Fahrten des Modellzuges 1 im Betrachtungsraum statt. Die ermittelte Anzahl an Infopunkten ist entsprechend mit zwei bzw. vier zu multiplizieren. Zusammen mit Infopunkten für weitere Modellzüge und den ermittelten Infopunkten für Instandhaltungsarbeiten ergeben sich für die Halbstundenabschnitte Summen an Infopunkten zwischen 111,8 und 150,8. Auf Grundlage einer Maximalbelastung von 150 Informationsaufnahmen wird der prozentuale Belastungsgrad des Fahrdienstleiters berechnet. Dieser verhält sich zwischen 75 % im Zeitraum zwischen 9.00 und 9.30 Uhr sowie 101 % im Zeitraum zwischen 8.00 und 8.30 Uhr.

Tabelle 11 Berechnungsbeispiel für ein Betriebsprogramm aus drei Modellzügen

Uhrzeit	Züge im Untersuchungszeitraum			Infopunkte				Summe Infopunkte	Auslastung (%)
	Mod.1	Mod.2	Mod.3	Mod.1	Mod.2	Mod.3	Instandhaltung		
8.00 - 8.30	4	6	3	66,8	20,0	39,0	25,0	150,8	101
8.30 - 9.00	2	6	3	33,4	20,0	39,0	25,0	117,4	78
9.00 - 9.30	4	6	0	66,8	20,0	0	25,0	111,8	75
9.30 - 10.00	2	6	4	33,4	20,0	52,0	25,0	130,4	87

3.3 Diskussion der Aussagekraft von Untersuchungsergebnissen nach der gegenwärtigen Bemessung

Entsprechend der Problemstellung lässt sich fragen, ob die im Bereich der Deutschen Bahn Anwendung findende Untersuchungsmethode repräsentative Ergebnisse liefert bzw. inwiefern Schwachstellen zu erkennen sind. So wird im Folgenden zunächst diskutiert, ob – unter der Tatsache, dass im Störungsbetrieb im Vergleich zum Regelbetrieb ganz andere Belastungen des Fahrdienstleiters auftreten können – die Untersuchungsergebnisse eine ausreichende Aussagekraft besitzen. Außerdem wird der Frage nachgegangen, ob die Untersuchung eines Aufgabenfelds, welches einen hohen Automatisierungsgrad aufweist und sich im Wesentlichen auf überwachende Aufgaben konzentriert, mit der beschriebenen Methode möglich ist. Im Weiteren wird analysiert, inwiefern die in der Richtlinie vorgesehene, flexible Umverteilung des Personals im Störfall mit Problemen verbunden sein kann und unter Umständen als nicht praktikabel angesehen werden sollte. Anschließend wird aufgezeigt, dass die Methode keine Möglichkeit bietet, die Auswirkungen sämtlicher Arten von Veränderungen im Arbeitsumfeld auf die Belastung des Bedienpersonals berücksichtigen zu können.

3.3.1 Informationsbewertung für den Störungsbetrieb

Die richtliniengemäße Bemessung der Arbeitsplätze erfolgt im Wesentlichen für den Regelbetrieb. Nach der Richtlinie werden, neben den Zeitverbräuchen für Tätigkeiten des Regelbetriebs, als weitere Belastungen Instandhaltungs- und Prüfarbeiten über eine zusätzliche Anzahl an Informationsaufnahmen und unter Abhängigkeit der Größe des Bedienbereichs im Berechnungsverfahren berücksichtigt. Zu Belastungen aufgrund von Unregelmäßigkeiten im Betriebsablauf wird folgendes erwähnt:

„Störungen und Unregelmäßigkeiten bringen im Durchschnitt nur einen geringen Zuwachs an Arbeitsbelastung. Zu der Zeit, da sie auftreten, können sie aber eine deutliche Überbelastung bewirken.“ [DB95, S. 6]

In den Bewertungsfaktoren zur Bemessung der Arbeitsbelastung seien zur Berücksichtigung von Störungen sowie Unregelmäßigkeiten gewisse Reserven berücksichtigt, insbesondere beim Unterpunkt der Überwachung des Zuglaufs auf Stelltafel bzw. Monitor. Der Umfang dieser Reserven wird allerdings nicht näher beschrieben. Eine Begründung, warum die Reserven sich im Wesentlichen auf die Infopunkte zur Zuglaufüberwachung konzentrieren, fehlt ebenfalls.

Grundsätzlich sind viele verschiedene Störszenarien denkbar. Diese erfordern individuelle Lösungen. Die auszuführenden Aufgaben variieren damit in Abhängigkeit des vorliegenden Szenarios. Allgemeine Aussagen zur Belastung eines Fahrdienstleiters im Störfall sind so kaum möglich. Eine Beschränkung auf das Erkennen betrieblicher Unregelmäßigkeiten mit den im Störfall erforderlichen aktiven Handlungen lässt ohnehin keine für den Gesamtbetrieb aussagekräftigen Ergebnisse erwarten, sofern beispielsweise das mögliche Auftreten von technischen Unregelmäßigkeiten keine unmittelbare Berücksichtigung erfährt. So ist aufgrund

von Fehlfunktionen an jedem der steuerbaren Elemente im Bedienbereich – aber auch fahrzeugseitig – eine sehr hohe Zahl an technischen Unregelmäßigkeiten denkbar. All diese Fehlfunktionen können die Notwendigkeit aktiver Handlungen bewirken. Diese rufen eine entsprechende Belastung beim Bedienpersonal hervor. Eine schwerpunktmäßige Konzentration auf die Zuglaufüberwachung zur Berücksichtigung von Unregelmäßigkeiten sowie die Beurteilung von ansonsten hauptsächlich im Regelbetrieb vorkommenden Aufgaben erscheint nicht zielführend. Insgesamt lässt sich bezweifeln, dass sich unter Anwendung des beschriebenen Verfahrens tatsächlich repräsentative Untersuchungsergebnisse für den Störungsbetrieb ermitteln lassen.

3.3.2 Berücksichtigung überwachender Aufgaben

Bei der Überwachung von Zugläufen und BÜ-Schließvorgängen auf den Anzeigebildschirmen handelt es sich um die einzigen überwachenden Aufgaben, welche im Berechnungsverfahren erkennbar berücksichtigt werden. Zudem soll die gegebene Anzahl an Infopunkten zur Überwachung von Zugläufen gemäß Anlage 1 [DB95] auch nur unter bestimmten Bedingungen berücksichtigt werden. Dazu wurde in den Tabellen zur Zuordnung der einzelnen Infopunkte für unmittelbare fahrdienstliche Tätigkeiten eine Differenzierung zwischen Zuglenker (vgl. Abschnitt 4.2.2.3) und Fahrdienstleiter vorgenommen. Die Beanspruchung des Fahrdienstleiters zur Zuglaufüberwachung wird über die Anzahl zugehöriger, manuell einzustellender Fahrstraßen ermittelt. Für den Zuglenker wird hingegen in Abhängigkeit von Zuggattungen und infrastrukturellen Möglichkeiten, welche Dispositionsmaßnahmen erlauben, eine entsprechende Anzahl an Infopunkten berechnet. Den Vorgaben ist nicht zu entnehmen, dass die wesentliche Aufgabe der permanenten Überwachung des Bedienbereichs in der Bemessung tatsächlich Berücksichtigung findet. Diese geht für den Fahrdienstleiter schließlich über die bloße Überwachung einzelner Zugläufe unter manuell einzustellenden Fahrstraßen hinaus.

Zusammengefasst wird deutlich, dass sich das Infopunkte-System mit dem zu Grunde liegenden Bewertungsansatz über Zeitverbräuche vorrangig zur Bewertung von aktiven Aufgaben eignen könnte, die im Regelbetrieb beim Fahrdienstleiter eines elektronischen Stellwerks aber kaum anfallen. Die Ausführung von aktiven Aufgaben ist jedoch mit überwachenden Aufgaben verbunden, indem das Erkennen der Notwendigkeit einer aktiven Aufgabe in vielen Fällen von der Betrachtung der Anzeigeeinformationen und damit von einer überwachenden Tätigkeit ausgeht. Die Tabellen zur Informationsbewertung bieten keine ausreichende Grundlage, überwachende Aufgaben zu beurteilen. Das Verfahren scheint also nicht nur zur Berücksichtigung von Störungsszenarien ungeeignet, sondern es kann in der bestehenden Form auch nicht zur repräsentativen Bemessung für den Regelbetrieb angesehen werden.

3.3.3 Besonderheiten zur Umverteilung von Aufgaben bei auftretenden Unregelmäßigkeiten

Im Zusammenhang mit der Tatsache, dass Unregelmäßigkeiten zur Zeit ihres Auftretens für eine Überbelastung des Bedienpersonals in großem Ausmaß führen können, wird als Lösungsvorschlag in der Richtlinie beschrieben, dass sich ein Vorhandensein der Bedienplätze

mehrerer elektronischer Stellwerke innerhalb einer Betriebszentrale (BZ) dazu anbietet, kurzfristige Umverteilungen der Mitarbeiteraufgaben vorzunehmen:

„Weil in BZ mehrere Arbeitsplätze vereinigt sind und sich diese multifunktional nutzen lassen, können bestimmte Arbeiten delegiert werden, so daß sich ein Bediener auf die Störung konzentrieren kann.“ [DB95, S.6]

Unabhängig davon, dass die Belastung eines Fahrdienstleiters im Störungsbetrieb über das Bemessungsverfahren nicht repräsentativ abgeleitet werden kann (siehe auch Abschnitt 3.3.1), ist zu erwarten, dass dieser im Regelfall nur eine ausreichende Kenntnis des speziellen Stellwerks besitzt, an dem er planmäßig eingesetzt wird: Die Komplexität des Bahnbetriebs bewirkt, dass sich elektronische Stellwerke unterschiedlicher, zu bedienender Gleisinfrastrukturen mit unterschiedlichen Betriebsprogrammen in ihren Bedienhandlungen im Regelfall nicht ausnahmslos gleichen. Stattdessen sind in der Bedienung meist Besonderheiten zu berücksichtigen. Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst die Bediener von Stellwerken die Kenntnis örtlicher Eigenschaften als wichtige Größe einstufen, welche einen Einfluss auf die Sicherheit und auf das korrekte Ausführen von Handlungen besitzt [PBL13]. Die aktiven Tätigkeiten, die in einer Störungssituation gefordert sind, können von einer hohen Anzahl an Einflussfaktoren abhängen. Diese können auf der Unregelmäßigkeit an sich beruhen, aber auch auf anderen Gegebenheiten basieren, wie der generellen Situation im Bedienbereich bis hin zu dessen grundsätzlicher Ausgestaltung. In [PBL13] wurden 57 mögliche Einflussfaktoren zur Ableitung einer korrekten Handlung beschrieben. Diese lassen sich nach verschiedenen, übergeordneten Gruppen klassifizieren, welche vereinfacht⁹ zusammengefasst werden können:

- *Infrastrukturelle Eigenschaften* – Ausstattung der Gleisinfrastruktur mit Fahrwegen und Sicherungseinrichtungen oder geographische Besonderheiten
- *Betriebliche Eigenschaften* – Das Betriebsprogramm als solches, die Priorität betroffener Züge, die Frage auf welche Züge im Steuerungsbereich sich eine Handlung auswirken kann und welche Handlung im Hinblick auf die Eigenschaften und Positionen der Züge ggf. geeigneter, welche eher ungeeigneter ist
- *Regularien* – Beschreibung von Handlungsvorgaben, neben allgemeinen Regeln sind u.a. auch lokale Besonderheiten durch örtliche Richtlinien zu beachten
- *Kooperation* – Zusammenarbeit mit anderen Personen des Bahnbetriebs

Es zeigt sich, dass nicht nur durch die bestehenden, einheitlichen Regularien sondern u.a. auch durch infrastrukturelle und betriebliche Eigenschaften mit ihrer individuellen Ausprägung die auszuführenden Handlungen beeinflusst werden können. Ein ausreichendes Situationsbewusstsein ist auch in Form von Ortskenntnis bzw. Kenntnis der Besonderheiten des speziellen

⁹ Die Auflistung orientiert sich an den Untersuchungsergebnissen nach [PBL13], wobei hier nicht direkt zwischen infrastrukturellen und betrieblichen Eigenschaften unterschieden wird. Dieses erscheint aus Sicht der Organisation der Betriebsdurchführung jedoch eher geeignet.

Bedienbereichs sehr wichtig. Auch hier können mangelnde Kenntnisse Fehlhandlungen begünstigen. Das Erwerben und Bewahren derartiger Kenntnisse kann, analog zur Erfassung der betrieblichen Situation im Bedienbereich, sehr komplex sein. Dies kann auf die sehr große Ausdehnung des zu steuernden Bereichs zurückzuführen sein, aber auch auf die Tatsache, dass der Fahrdienstleiter im Regelfall den Stellbereich auf seinen Anzeigebildschirmen kaum noch überblicken kann, sowie durch das Vorhandensein einer räumlichen Distanz zwischen Arbeitsplatz und zu steuernder Infrastruktur. Schließlich besteht für den Fahrdienstleiter kein unmittelbarer Bezug mehr zu den tatsächlich vor Ort ablaufenden Situationen¹⁰.

Im Fall der Gewährung flexibler Einsatzmöglichkeiten des Bedienpersonals kann es sinnvoll sein, nicht von einer unbegrenzten Flexibilität bzw. auch nicht von einer Flexibilität, wie sie in Stellwerken älterer Bauformen gegeben war, auszugehen. Hier sind zunächst Untersuchungen angebracht, in welchem Umfang das Personal (zum Aufweisen ausreichender Kenntnisse) in der Bedienung verschiedener Stellwerke geschult werden sollte und wie sich bei flexiblen Einsatzkräften unterschiedliche Schulungsintervalle auf die Beherrschung verschiedener Stellwerke und Betriebssituationen auswirken.

3.3.4 Berücksichtigung der Auswirkungen von Änderungen am Arbeitsumfeld

Das in der Richtlinie beschriebene Bemessungsverfahren berücksichtigt die reine Ausführung von Aufgaben mit ihren Zeitverbräuchen bzw. auszuführenden Detailhandlungen. Unmittelbare Änderungen in der Aufgabenausführung würden sich auf die Ergebnisse auswirken. Die Modifizierung jeglicher Faktoren im Arbeitsumfeld würde sich aber nicht auswirken, sofern die eigentlichen Aufgaben in ihrer bisherigen Form unverändert bleiben. Dabei handelt es sich beispielsweise um Änderungen an der Gestaltung des Arbeitsplatzes, welche ausschließlich den mentalen Aufwand zur Erfüllung überwachender Aufgaben beeinflussen. Derartige Maßnahmen können dazu führen, dass es für den Fahrdienstleiter im Vergleich zur Ausgangssituation einfacher wird, sich ein Situationsbewusstsein zu verschaffen. So ist es möglich, mehr Ressourcen für andere Aufgaben zur Verfügung zu haben.

3.3.5 Zusammenfassung

Die Bemessung der Arbeitsplätze mit Hilfe des Infopunktesystems erfolgt für den Regelbetrieb. Dabei wird die kontinuierliche Beobachtung des Bedienbereichs als überwachende Grundaufgabe nicht ausreichend berücksichtigt. Eine zu erwartende Mehrbelastung des Personals bei auftretenden Unregelmäßigkeiten wird nur unzureichend beschrieben. Genannt wird die Möglichkeit einer Umverteilung von Aufgaben im Störfall, wobei auf die Schwierigkeit des Er-

¹⁰ Zusätzlich beeinflusst der Ersatz von aktiven durch überwachende Aufgaben die Ausprägung der Ortskenntnis. In einem Stellwerk älterer Bauform ist ein Fahrdienstleiter zwangsläufig aktiven Aufgaben ausgesetzt und muss sich dadurch kontinuierlich mit den örtlichen Gegebenheiten auseinandersetzen. Es ist zu erwarten, dass eine entsprechende Ortskenntnis allein durch diesen Aspekt leichter gewährleistet sein kann als in einem Stellwerk, bei dem nur wenige aktive Aufgaben anfallen und (trotz möglicher Vorgaben) für einen Fahrdienstleiter selbst unter Umständen keine Notwendigkeit empfunden wird, den Betrieb laufend im Blick zu haben.

fassens sowie des Bewahrens von spezifischen Kenntnissen, wie zu Örtlichkeiten und Betriebsprogramm, nicht hingewiesen wird. Zudem bleibt unklar, welche Tätigkeiten tatsächlich durch die vorgegebene Zuweisung konkreter Infopunkte abgedeckt sind und mit welchem Hintergrund bestimmte Tätigkeiten entweder dem Zuglenker, oder dem Fahrdienstleiter zugewiesen werden. Des Weiteren wirken sich Änderungen am Arbeitsumfeld nur auf Ergebnisse aus, sofern sich diese auf aktive Aufgaben beziehen und entsprechend der Methode eindeutig über Zeitverbräuche beschrieben werden können. Modifikationen am Arbeitsplatz können jedoch auch unabhängig vom Zeitaufwand die Anforderungen zur Ausführung von Aufgaben verändern und sich auf die Belastung des Fahrdienstleiters auswirken.

Insgesamt wird deutlich, dass das Bemessungsverfahren verschiedene Schwächen aufweist. Insbesondere werden die Bedeutung von Kenntnissen zur aktuellen Betriebslage sowie von Besonderheiten im Bedienbereich und letztendlich der Aufwand zum Erlangen und Bewahren eines Situationsbewusstseins nicht ausreichend berücksichtigt.

3.4 Diskussion zur Anwendbarkeit alternativer Methoden

Die Analyse des bei der DB gegenwärtig angewandten Verfahrens zur Bemessung der Arbeitsplätze hat gezeigt, dass die Entwicklung vom aktiven zum überwachenden Aufgabenfeld in nur unzureichendem Maße beachtet worden ist. Hier stellt sich die Frage, ob es alternative Verfahren gibt, welche insbesondere auch das Situationsbewusstsein des Fahrdienstleiters besser berücksichtigen.

3.4.1 Network Rail Signaller Workload Toolkit

Aus anderen Ländern existieren bisher nur wenige Veröffentlichungen zur Entwicklung alternativer Verfahren, welche zur grundsätzlichen Beurteilung der Beanspruchung eines Stellwerksbedieners angewandt werden können. Einen sehr umfangreich beschriebenen Untersuchungsansatz stellt jedoch das in Großbritannien entwickelte Network Rail Signaller Workload Toolkit (NRSWT) dar, welches im Folgenden näher beschrieben wird. Dieses Verfahren besteht aus verschiedenen Tools, deren Untersuchungsergebnisse auch in Kombination betrachtet werden können, um eine möglichst umfassende Bewertung zu ermöglichen. Ein Überblick über die einzelnen Komponenten des NRSWT wird beispielsweise in [LP08] beschrieben. Die Komponenten sollen nicht nur die Ermittlung der Beanspruchung eines Bedieners erlauben, sondern u.a. auch eine Beurteilung der grundsätzlichen Gestaltung des Arbeitsplatzes ermöglichen.

3.4.1.1 Wesentliche Komponenten des Network Rail Signaller Workload Toolkits

Workload Principles Tool

Eine wesentliche Grundlage zur Untersuchung eines Systems nach dem NRSWT bildet das Workload Principles Tool (WPT). Grundsätzliche Ziele der Anwendung des WPT sind die Einschätzung der Fähigkeit des Bedieners, an seinem Arbeitsplatz unter den zugehörigen Eigenschaften sicher und effizient zu handeln sowie die Identifikation von Systemeigenschaften, welche sich negativ auf den Tätigkeitsablauf des Bedieners auswirken. Die Untersuchung erfolgt über einen Abgleich von Eigenschaften des zu untersuchenden Systems mit Grundprinzipien der Gestaltung. Nach [PW04] werden zwölf abzuprüfende Prinzipien beschrieben, welche sich in primäre und sekundäre Prinzipien unterscheiden lassen. Die primären Prinzipien müssen von einem System in jedem Fall erfüllt werden. Sekundäre Prinzipien sollten im Optimalfall umgesetzt sein, geben anderenfalls jedoch Hinweise, zu welchen Aspekten detailreichere Untersuchungen erforderlich wären. Die Untersuchung primärer Prinzipien umfasst beispielsweise die Beantwortung der Fragestellungen, ob sich der Bediener im zu untersuchenden System an seinem Arbeitsplatz stets voller Aufmerksamkeit seinen Tätigkeiten widmen kann, inwiefern der Bediener im Betriebsablauf unnötigen Informationen ausgesetzt ist und ob die Gestaltung des Systems andere Tätigkeiten wie eine Nahrungsaufnahme oder einen Toilettenbesuch ermöglicht, ohne dass sich dieses in maßgebendem Umfang negativ auf den betrieblichen Ablauf auswirkt [PIC07, PW04].

Integrated Workload Scale

Die Integrated Workload Scale (IWS) ermöglicht das Erfassen einer Selbsteinschätzung der Beanspruchung des Bedieners mittels einer 9-Punkte-Skala. Ziel einer Anwendung der IWS ist u.a., die zu einem beliebigen Zeitpunkt unmittelbar vorhandene Beanspruchung eines Bedieners zu bestimmen. Die Skala umfasst verschiedene Stufen der Beanspruchung (Stufe 1: keine Anforderung, Stufe 9: zu hohe Anforderung), die Anwendung – in Form der Zuordnung einer empfundenen Belastung zu einer bestimmten Stufe – kann direkt im laufenden Betrieb erfolgen. Die wiederholte Anwendung der IWS in bestimmten, zeitlichen Abständen erlaubt eine Beurteilung des Verlaufs der Beanspruchung des Bedieners über die Zeit. Als Nachteil des Tools wird u.a. beschrieben, dass sich die Ursache einer Beanspruchung nicht identifizieren lässt und das Tool nur in kombinierter Auswertung mit anderen Komponenten des NRSWT aussagekräftige Ergebnisse liefert [PIC07, PSN04, PWN05]. Obwohl die IWS ursprünglich zur Erfassung der mentalen Beanspruchung entwickelt wurde, geht aus der Beschreibung der Stufen zur Skala nicht hervor, dass diese ausschließlich mentale Aufgaben beurteilt.

Operational Demand Evaluation Checklist

Die Operational Demand Evaluation Checklist (ODEC) ermöglicht als weiteres Tool des NRSWT die Beurteilung der Komplexität eines Bedienerarbeitsplatzes über die Eigenschaften der zu steuernden Infrastruktur, betriebliche Parameter sowie die Häufigkeit von in der Vergangenheit aufgetretenen Unregelmäßigkeiten über einzelne Bewertungsfaktoren [PIC07, PWL10]. Die Ausprägung der einzelnen Bewertungsfaktoren im zu untersuchenden System wird über die Einordnung in drei Klassen der Beanspruchung (niedrig, mittel, hoch) beurteilt.

So wird beispielsweise eine im zu untersuchenden System vorhandene Maximalzahl an Zügen pro Stunde von 0 bis 15 als „niedrig“, von 16 bis 44 als „mittel“ und von mehr als 45 als „hoch“ eingeordnet. Entsprechend ergibt sich für jeden zu untersuchenden Bewertungsfaktor eine der drei Ausprägungen. Unter Berücksichtigung einer Gewichtung der vorliegenden Beanspruchungsklassen wird anschließend ein Wert zur vergleichenden Abschätzung ermittelt.

Adapted Subjective Workload Assessment Technique

Einen weiteren Bestandteil des NRSWT bildet die Adapted Subjective Workload Assessment Technique (ASWAT). Nach diesem Tool erfolgt die Beurteilung der Beanspruchung über die Einordnung des rückliegenden Arbeitsablaufs in drei „Dimensionen“. Die Dimensionen beschreiben jeweils drei verschiedene Ausprägungen der zeitlichen Beanspruchung, des geistigen Aufwands sowie der Belastung. Im Rahmen der Anwendung des ASWAT-Tools ist vom Bediener zu den drei Dimensionen jeweils die zu dem zu beurteilenden Arbeitsablauf passende Ausprägung auszuwählen [PIC07]. Von der Gestaltung her ähnelt ASWAT dem IWS, erlaubt jedoch durch die Betrachtung der drei Dimensionen detailliertere Ergebnisse.

Activity Analysis Tool

Das Activity Analysis Tool (AAT) konzentriert sich auf die Erfassung von Anzahl und Eigenschaften von Aufgaben, die der Bediener über einen bestimmten Zeitraum bewältigen muss. Zur Anwendung existieren zwei grundsätzliche Varianten. Die „snapshot method“ dient zur Erfassung einer Situation, für welche auch das IWS-Tool angewandt wird. Im Weiteren lassen sich die Ergebnisse nach AAT und IWS in Relation setzen. So lässt sich beispielsweise beurteilen, welche Aufgaben mit welcher empfundenen Beanspruchung einhergehen. Die „activity occupancy method“ dient zur Erfassung des Zeitverbrauchs von aktiven Aufgaben. Die Untersuchung erfolgt für Zeitintervalle von 5 Minuten, in einer graphischen Darstellung lässt sich der prozentuale Anteil der Beanspruchung des Bedieners an der Gesamtzeit erkennen [PIC07, NR14].

3.4.1.2 Bewertung

Das NRSWT stellt mit seinen einzelnen Komponenten eine alternative Untersuchungsmethode dar, welche über die Erfassung der Beanspruchung eines Bedieners auch zur Bemessung von Arbeitsplätzen genutzt werden könnte. Mittels der verschiedenen Tools des Verfahrens können unterschiedliche Faktoren untersucht werden.

Die Anwendung der Tools IWS bzw. ASWAT kann zur Selbsteinschätzung eines Probanden in einer Simulation bzw. des Bedieners der realen Betriebsdurchführung genutzt werden. Die Tools werden nicht zur Erfassung objektiver Kenntnisse genutzt und bieten nicht die Möglichkeit zur Ermittlung, über welche speziellen Kenntnisse der Proband bzw. Bediener verfügt. So lassen sich auch in der weiteren Betrachtung nicht die Ursachen der erfassten Beanspruchung ermitteln.

Die Prinzipien von ODEC und AAT enthalten ähnliche Ansätze wie die Bemessungsrichtlinie der DB. Während sich insbesondere die „activity occupancy method“ des AAT auf die Erfassung von Zeitverbräuchen konzentriert, stehen bei der Anwendung des ODEC-Tools eher überwachende Aufgaben im Vordergrund. Die Einordnung der in einem zu untersuchenden System vorherrschenden Ausprägung einzelner Bewertungsfaktoren in Beanspruchungsklassen erfolgt beim ODEC-Tool über Referenzwerte. Diese Referenzwerte müssten jedoch bei Anwendung des Tools für ein System unter kleinsten Änderungen bereits variieren. Auf eventuell besonders umfangreiche Unterschiede in den anzusetzenden Referenzwerten der Bewertungsfaktoren zwischen verschiedenen Stellwerksbauformen wird bereits in [PWL10] hingewiesen. So wird beispielhaft für die Anzahl bedienbarer Signale am Arbeitsplatz beschrieben, dass in einem untersuchten, mechanischen Stellwerkstyp bereits das Vorhandensein von mehr als 17 Signalen einer hohen Beanspruchungsklasse zuzuordnen ist, einem Drucktaststellwerk (entrance-exit panel, funktionsmäßig vergleichbar mit einem SpDrS-Stellwerk) hingegen erst eine Anzahl von mehr als 75 Signalen. Die Analyse des ODEC-Tools macht deutlich, dass dieses gerade aufgrund dessen Ausrichtung auf ein ganz bestimmtes Referenzsystem nicht genutzt werden kann, um die Auswirkung von jeglichen Änderungen im System auf die Beanspruchung des Bedieners zu untersuchen. Des Weiteren sind keine Grenzwerte der Beanspruchung untersucht worden, womit sich das ODEC-Tool mit den beschriebenen Referenzwerten vorrangig zu einem direkten Vergleich verschiedener Arbeitsplätze, welche ausnahmslos die Eigenschaften des zu Grunde liegenden Referenzsystems wiedergeben, repräsentativ eignen kann.

Zusammengefasst zeigt sich, dass auch das NRSWT mit den zugehörigen Tools keine unmittelbare Erfassung des Situationsbewusstseins vorsieht. Ebenso wie nach dem Bemessungsverfahren der DB-Richtlinie bietet auch das NRSWT keine Möglichkeit, die Auswirkung jeglicher Änderungen am Arbeitsplatz zu untersuchen, welche nicht unmittelbar im Zusammenhang mit aktiven Aufgaben stehen. Zwar beschreibt das NRSWT eine Untersuchung des subjektiven Empfindens, dieses erfolgt jedoch nicht sehr detailliert. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich kleine Änderungen im System nicht auf die Zuordnung der Beanspruchung zu den Werten der gegebenen Skalen auswirken. Eine maximale Detailtiefe in Fragen und Antworten ist nur durch eine Abfrage und Auswertung objektiver Kenntnisse zu erwarten. Auch die weitere Literaturrecherche ergab, dass bisher kein Verfahren zu existieren scheint, mit welchem sich das Situationsbewusstsein am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters bzw. eines sonstigen Bedieners im Stellwerk repräsentativ erfassen lassen könnte. Des Weiteren haben Anwendungen des Toolkit-Verfahrens laut Hayden-Smith [HAY13] gezeigt, dass die Automatisierung am Bedienplatz eine Verlagerung des Schwerpunkts von den „traditionellen“ Erfassungsmethoden der Arbeitsbelastung hin zur Untersuchung des menschlichen Verhaltens und der Frage, wie ein Stellwerksbediener im Fall auftretender Unregelmäßigkeiten handelt, erfordert.

4 Funktion des Fahrdienstleiters in der Betriebsdurchführung

Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Mitarbeitern im Bahnbetrieb und der Rolle des Fahrdienstleiters in der Betriebsdurchführung werden die verschiedenen Gruppen von Mitarbeitern mit ihren Funktionen im Folgenden zusammengefasst. Dabei zeigt sich, wie das komplexe System des Bahnbetriebs aufgebaut ist, welche Personen welche Entscheidungen zu treffen haben, und inwiefern sich beispielsweise Fehlentscheidungen bestimmter Personen auf andere Beteiligte auswirken können.

4.1 Übersicht und Verknüpfung der einzelnen Arbeitsfelder zur Durchführung des Betriebs

Die Mitarbeiter zur unmittelbaren Betriebsdurchführung des Bahnbetriebs lassen sich, je nachdem ob sie einer Tätigkeit an einem festen Ort nachgehen, in Zugpersonal bzw. Mitarbeiter auf Betriebsstellen unterscheiden. Das Zugpersonal besteht aus dem Triebfahrzeugpersonal sowie dem Zugbegleitpersonal. Mitarbeiter auf Betriebsstellen können für die Bedienung von Signalanlagen, die Zusammenstellung der Züge, als örtliche Aufsicht und als Rangierpersonal eingesetzt werden.

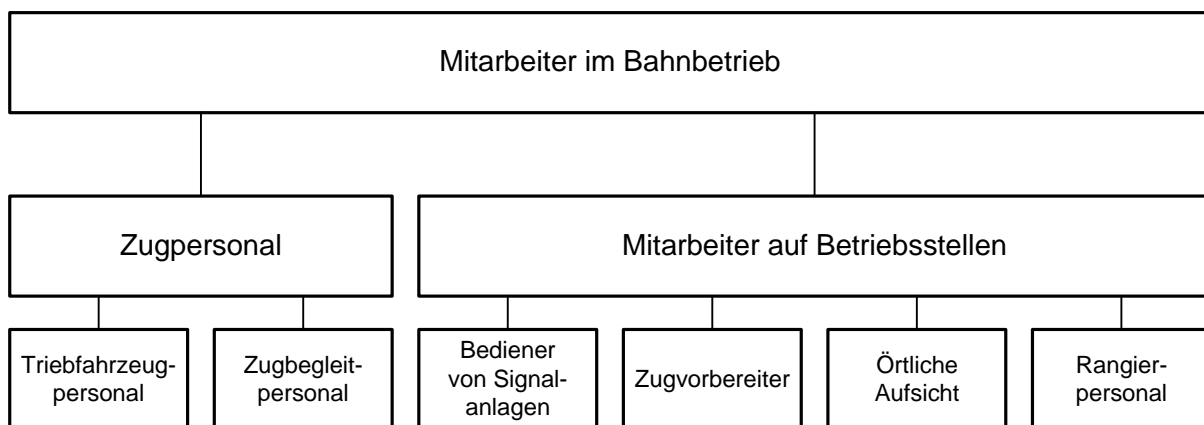


Abbildung 5 Übersicht zu verschiedenen Mitarbeitergruppen der unmittelbaren Betriebsdurchführung nach [HMR08]

Die einzelnen Gruppen der Mitarbeiter auf Betriebsstellen können in Berufsbezeichnungen und damit verbundenen Aufgabenbereichen und -zuständigkeiten eingeteilt werden, wie in Abbildung 6 dargestellt. Bediener von Signalanlagen lassen sich in Fahrdienstleiter, Zugmelder, Weichenwärter und Schrankenwärter unterscheiden. Der Fahrdienstleiter ist für die Zulassung der Zugfahrten im ihm zugewiesenen Steuerungsbereich verantwortlich. Eine Zugfahrt darf nicht ohne Zustimmung des Fahrdienstleiters durchgeführt werden. Zugmelder, Weichenwärter sowie Schrankenwärter können zur Unterstützung des Fahrdienstleiters eingesetzt werden. Der Zugmelder führt die Abwicklung von Zugmeldungen und die Führung des Zugmeldebuchs durch. Ein Weichenwärter kann für die Bedienung von Weichen sowie für die Erteilung der Zustimmung zu Rangierfahrten zuständig sein [NP04].

Grundsätzlich können die verschiedenen Bediener von Signalanlagen die anfallenden Aufgaben untereinander umverteilen [HKL05].

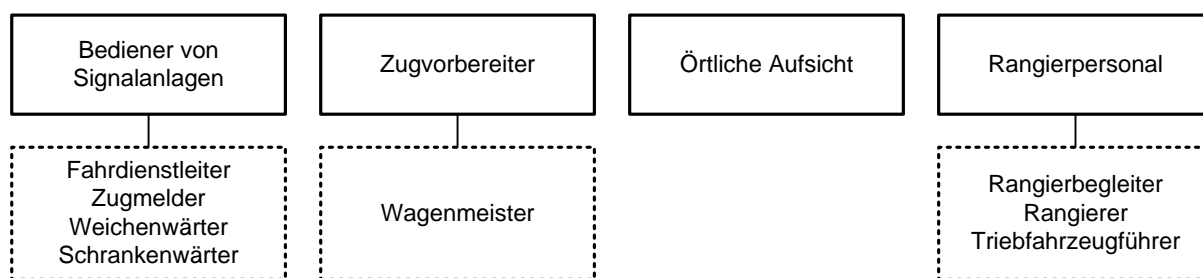


Abbildung 6 Übersicht zu verschiedenen Mitarbeitergruppen der unmittelbaren Betriebsdurchführung auf den Betriebsstellen nach [HMR08]

Mit der Einführung von Zugnummernmeldeanlagen sind das Führen eines Zugmeldebuchs sowie manuelle Zugmeldungen im Regelbetrieb bereits im Laufe der Entwicklung von Gleisbildstellwerken entbehrlich geworden [HMR08]. Durch die Automatisierung verschiedenster Aufgaben bei Stellwerken modernerer Techniken ist im Regelbetrieb außerdem die Trennung zwischen Fahrdienstleiter, Zugmelder, Weichenwärter und Schrankenwärter nicht mehr erforderlich. Die jeweiligen Aufgaben können vom Fahrdienstleiter als einzige Signalanlagen bedienende Person ausgeführt werden.

Elektronische Stellwerke werden von einem Bedienplatz aus gesteuert, der entweder in eine Betriebszentrale integriert oder aber außerhalb einer Betriebszentrale lokalisiert ist. Unabhängig von der Lokalisation sind beide Arbeitsplätze gleichermaßen in wesentliche Parameter der organisatorischen Struktur einer zugeordneten Betriebszentrale eingegliedert. Im Folgenden wird zunächst allgemein auf die Rolle des Fahrdienstleiters im elektronischen Stellwerk eingegangen, also unabhängig davon, an welcher der beiden genannten Möglichkeiten sich der Standort des Bedienplatzes befindet. Anschließend werden die Unterschiede zwischen einem elektronischen Stellwerk mit Bedienplatz außerhalb bzw. innerhalb einer Betriebszentrale genauer betrachtet.

4.2 Struktur und Arbeitsweise einer Betriebszentrale

Zur Erläuterung der Rolle des Fahrdienstleiters im elektronischen Stellwerk sowie zum Verständnis der Auswirkungen der Zentralisierung und der Aufgabenverteilung innerhalb einer Betriebszentrale, werden zunächst die Zusammenhänge zwischen der Netzleitzentrale und den einzelnen Betriebszentralen dargestellt. Anschließend folgt eine Zusammenfassung der Tätigkeiten innerhalb einer Betriebszentrale, auf deren Basis der Tätigkeitsschwerpunkt eines Fahrdienstleiters im komplexen Gefüge der verschiedenen Arbeitsbereiche hervorgehoben wird.

4.2.1 Organisatorischer Aufbau einer Betriebszentrale

Die Aufgaben einer Betriebszentrale lassen sich in vier verschiedene Arbeitsgebiete unterteilen: Betriebsplanung / Analyse, Netzdisposition, Fahrdienst sowie Leit- und Sicherungstechnik. Die unmittelbare Betriebsdurchführung fällt ausschließlich in das Arbeitsgebiet Fahrdienst.

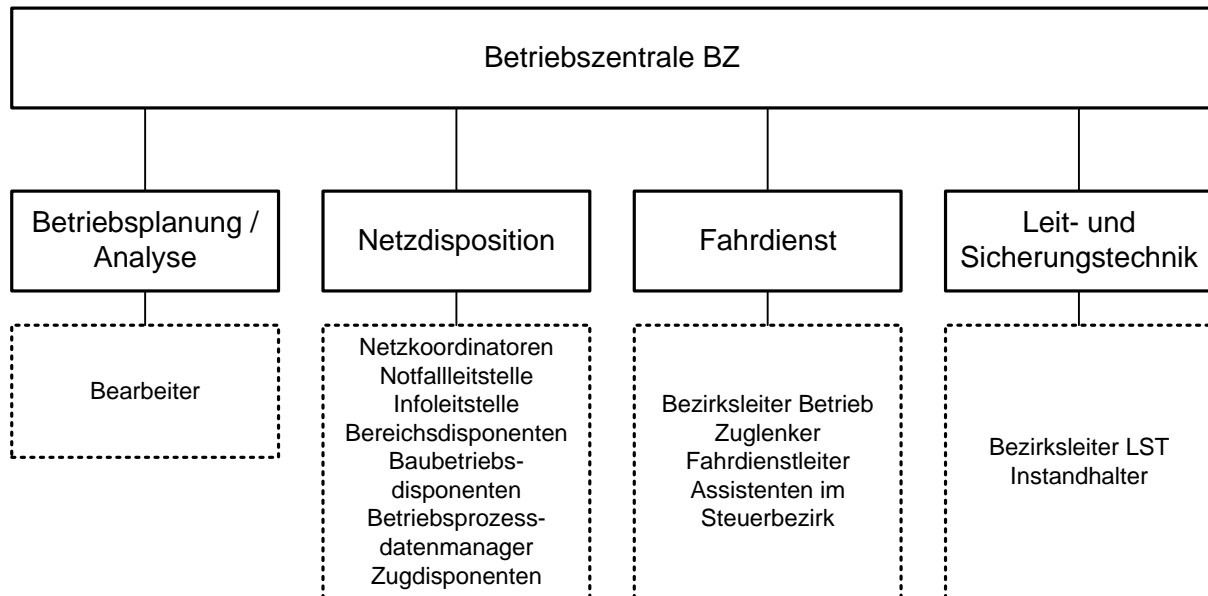


Abbildung 7 Grundsätzlicher Aufbau der Organisationseinheit Betriebszentrale nach [DB 12-2]

Um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten und auch im Störfall optimale Maßnahmen treffen zu können, stehen während des Betriebsablaufs die Arbeitsgebiete Netzdisposition und Fahrdienst mit ihren verschiedenen Tätigkeitsbereichen in Kooperation.

4.2.2 Treffen und Ausführen von Dispositionsentscheidungen im Bahnbetrieb

Beim Auftreten von Unregelmäßigkeiten in der Betriebsdurchführung können Dispositionsentscheidungen umzusetzen sein. Diese umfassen beispielsweise Änderungen in der Gleisbelegung, in den tatsächlichen Abfahrts- und Ankunftszeiten sowie in der Fahrtreihenfolge der Züge. Vor der Umsetzung einer Dispositionsentscheidung ist es jedoch zunächst erforderlich, aus der Situation eine Entscheidung zu treffen.

In Abhängigkeit vom Infrastrukturbereich, auf dem für einen Zug Fahrplanänderungen vorgenommen werden sollen, kann zwischen verschiedenen Arten der Disposition unterschieden werden: Die Knotendisposition konzentriert sich auf die Betrachtung des Betriebs innerhalb eines Bahnhofs, bei der Streckendisposition wird die freie Strecke zwischen verschiedenen Zugmeldestellen betrachtet. Die Netzdisposition umfasst räumlich ausgedehntere Bereiche und ist vor allem dann von Bedeutung, wenn Entscheidungen getroffen werden müssen, welche sich auf den Betrieb der Steuerungsbereiche mehrerer Fahrdienstleiter auswirken. Zur Entscheidung und Ausführung von Dispositionsmaßnahmen, zur netzweiten Koordination sowie zum Informationsaustausch mit den betroffenen Eisenbahnverkehrsunternehmen besteht ein komplexes Geflecht zwischen einzelnen Institutionen bzw. Tätigkeitsebenen innerhalb der

Betriebszentralen der DB Netz AG bzw. zur Netzleitzentrale. Tabelle 12 fasst dieses in hierarchischer Abfolge mit den einzelnen Aufgaben zusammen [BK11, DB12-2, PAC08].

Tabelle 12 Ebenen von Disposition und Koordination des Zugbetriebs

Institution / Tätigkeitsebene	Aufgaben (Auszug)	Sitz
Netzleitzentrale	Bundesweite Koordination	NLZ
Netzkoordinatoren	Koordination im BZ-Bereich Letztentscheid in der BZ	BZ
Bereichsdisponenten	Koordination im Zuständigkeitsbereich Schnittstelle zu EVU	BZ
Zugdisponenten	Disposition für zugewiesene Knoten / Strecken Fahrplanmäßigkeit überwachen Reihenfolge der Züge regeln	BZ
Fahrdienstleiter	Einfache Dispositionsentscheidungen im Bedienbereich (ggf. in Zusammenarbeit mit Zugdisponenten) Züge fahren und rangieren	BZ / STW

Einfache Dispositionsentscheidungen, die sich vorwiegend innerhalb des eigenen Bedienbereichs auswirken, werden oftmals vom Fahrdienstleiter getroffen. In der Netzleitzentrale bzw. den sieben Betriebszentralen Deutschlands mit den Disponentenarbeitsplätzen werden hingegen die Dispositionsentscheidungen gefällt, welche sich auf den Betriebsablauf größerer Teile des Gesamtnetzes auswirken. Im Folgenden werden die Zuständigkeiten zum Treffen von Dispositionsentscheidungen erläutert, wobei sich sowohl Tätigkeiten als auch Zuständigkeitsfelder in einem sehr häufigen Umbruch und ständiger Weiterentwicklung befinden.

4.2.2.1 Netzleitzentrale als übergeordnete Instanz bei Dispositionsentscheidungen

Sämtlichen Betriebszentralen der Deutschen Bahn ist eine Netzleitzentrale übergeordnet, die sich in Frankfurt/Main befindet [HE110]. Der Netzkoordinator NLZ in der Netzleitzentrale koordiniert Dispositionsentscheidungen, sofern sich diese auf Einflussbereiche mehrerer, verschiedener Betriebszentralen auswirken. Dies kann beispielsweise bei Zügen längerer Zugläufe bzw. komplexer Anschlussbeziehungen, wie im Personenfernverkehr, der Fall sein. Die Netzleitzentrale stellt die Grundlage für eine zentrale Koordination des Eisenbahnbetriebs im gesamten Schienennetz der DB Netz AG dar [DB12-2].

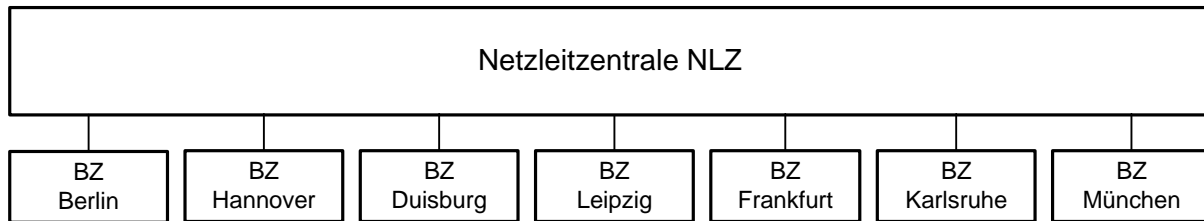


Abbildung 8 Überregionale Disposition durch die Netzleitzentrale nach [DB12-2]

4.2.2.2 Netzkoordinator und Bereichsdisponent

Der Netzkoordinator ist für die Koordination im gesamten Streckenbereich einer Betriebszentrale zuständig. Im Fall von Konflikten liegt die Möglichkeit eines Letztentscheids beim Netzkoordinator. Die Überwachung der Tätigkeiten verschiedener Zugdisponenten innerhalb einer Betriebszentrale fällt in den Zuständigkeitsbereich des Bereichsdisponenten. Dieser ist außerdem Ansprechpartner für die Eisenbahnverkehrsunternehmen [BK11, DB12-2].

Die Disponenten bzw. Koordinatoren in einer Betriebszentrale fällen Dispositionsentscheidungen für ihren gesamten Zuständigkeitsbezirk. Die Entscheidungen werden also nicht nur für Streckenabschnitte bzw. Teile des Netzes getroffen, die sich im Steuerbereich der Stellwerksbedienplätze befinden, welche im Gebäude der Betriebszentrale angeordnet sind. Stattdessen werden Dispositionsentscheidungen für das gesamte Netz der zugewiesenen Region in der jeweiligen Betriebszentrale vorgenommen [BK11].

4.2.2.3 Fahrdienstleiter und Zugdisponent / Zuglenker beim elektronischen Stellwerk

Einfache Dispositionsentscheidungen, wie Gleisänderungen innerhalb einer Betriebsstelle, können vom Fahrdienstleiter beschlossen (und umgesetzt) werden. Andere Entscheidungen, beispielsweise die Änderung einer Reihenfolge von Zugfahrten im Bedienbereich, werden in gegenseitiger Abstimmung mit dem Zugdisponenten bzw. Zuglenker festgelegt [BK11, HKL05].

Bedeutung von Zuglenkung bzw. Zuglenkplan

Selbsttätig wirkende Einrichtungen wie Selbststellbetrieb bzw. die ausschließlich im elektronischen Stellwerk angewandte, automatische Zuglenkung mit Lenkplan als modernste Lösung, entbinden – wie bereits beschrieben – den Fahrdienstleiter im Regelbetrieb von Aufgaben, die bei vorherigen Techniken aktiv auszuführen waren. Die Zuglenkung bietet eine Unterstützung des Fahrdienstleiters, indem sie zur Entlastung beiträgt [BOR03, HKL05, HOR04, SPE09].

Nach [HKL05] dient die Zuglenkung zur automatischen Ausführung der folgenden Aufgaben:

- selbsttätige Auswahl von Fahrstraßen für sämtliche Zugfahrten
- zeitgerechtes Ausgeben von Stellbefehlen
- Regelung der Reihenfolge von Zugfahrten

Der Zuglenkplan wird für eine Fahrplanperiode erstellt und beschreibt in Form einer Gleisbenutzungstabelle bzw. einer Lenkübersicht die Informationen, welche zur Steuerung von Zügen durch die automatische Zuglenkung erforderlich sind. Die im Lenkplan hinterlegten Lenkdaten umfassen im gängigen Zuglenksystem ZLS 901 – neben der Zugnummer als entscheidende Größe – u.a. die für die Zugfahrten einzustellenden Fahrstraßen sowie die fahrplanmäßigen Abfahrts- bzw. Haltezeiten. Im Zuglenkplan hinterlegte Daten erlauben damit im Regelbetrieb unter Anwendung der Zuglenkung ein zeitgerechtes, automatisches Einlaufen der für die einzelnen Zugfahrten erforderlichen Fahrwege mit automatisierten Stellvorgängen der zugehörigen Signale zur Erteilung von Fahrterlaubnissen [JAC03].

Umsetzung von Dispositionsmaßnahmen in Abhängigkeit eines Zuglenkplans

Im Laufe der Entwicklung wurden die Aufgaben des Zugdisponenten zunehmend vom Zuglenker übernommen, wobei dieser zusätzlich zur Erfüllung sämtlicher Aufgaben des Zugdisponenten die Möglichkeit hat, vorgenommene Dispositionsentscheidungen in den Zuglenkplan einzuarbeiten [BK11, DB12-2]. Im Fall von Unregelmäßigkeiten ist eine Weiterführung des Betriebs nach dem Zuglenkplan mit den ursprünglichen Zuglenkdaten unter Umständen nicht möglich. Somit ist der Zuglenkplan entweder zu korrigieren oder aber der Betrieb unter Deaktivierung des Zuglenkplans weiterzuführen. Eine dem Bedarf entsprechende, kurzfristige Korrektur des Lenkplans kann also durch den Zuglenker stattfinden, alternativ sind die Dispositionsentscheidungen manuell zu berücksichtigen [HKL05]. Das Stellen von Fahrstraßen mit der Erteilung von Fahrterlaubnissen hat in diesem Fall, ähnlich wie in einem Stellwerk nach Drucktastentechnik, unter Start-Ziel-Bedienungen für jede einzelne Zugfahrt durch den Fahrdienstleiter zu erfolgen. Bei Bedienplätzen ohne Zuglenker hat der Fahrdienstleiter außerdem die Möglichkeit, selber Modifikationen im Zuglenkplan vorzunehmen.

In einer Betriebszentrale befinden sich die Bedienplätze der Stellwerke mit zugehörigem Fahrdienstleiter in unmittelbarer Nähe zu Zugdisponent bzw. Zuglenker. Dispositionsentscheidungen können einfach kommuniziert werden. Grundsätzlich ist es sowohl zur kurzfristigen Erkennung der Notwendigkeit, zur gegenseitigen Abstimmung als auch zur direkten Umsetzung von Dispositionsentscheidungen erforderlich, dass der Fahrdienstleiter zu jedem Zeitpunkt über ausreichende Kenntnisse der vorherrschenden Betriebssituation in seinem Bedienbereich verfügt. Insbesondere beim Vorhandensein eines Zuglenkers ist eine enge Zusammenarbeit zwischen diesem und dem Fahrdienstleiter erforderlich [JON01, S. 229]. Eine wesentliche Tätigkeit des Fahrdienstleiters, die unmittelbare Erteilung von Fahrterlaubnissen, ist jedoch unabhängig davon, ob ein Zuglenker vorhanden ist bzw. ob Dispositionsentscheidungen vorgenommen werden müssen. Grundsätzlich umfasst das Treffen von Dispositionsentscheidungen keine sicherheitlichen Aufgaben. Diese verbleiben ausschließlich beim Fahrdienstleiter:

„Nur der Fahrdienstleiter allein regelt den Zugbetrieb in seinem Zuständigkeitsbezirk. Er allein gibt Zügen die Zustimmung zur Fahrt durch seinen Bezirk. (...) Bei Ausfall der Stell- und Sicherungseinrichtungen hat der Fahrdienstleiter ebenfalls für alle betrieblichen Ersatzhandlungen die volle betriebssicherheitliche Verantwortung.“
[HKL05, S. 140]

4.3 Varianten der Lokalisation des Fahrdienstleiter-Arbeitsplatzes eines elektronischen Stellwerks und Auswirkungen auf die erforderlichen Arbeitstätigkeiten

Eine Vielzahl an Bedienplätzen von elektronischen Stellwerken ist im Steuerungsraum einer Betriebszentrale zentralisiert angeordnet. Das heißt, die Arbeitsplätze der Fahrdienstleiter mehrerer, verschiedener Stellwerke befinden sich dort in einem gemeinsamen Raum bzw. in unmittelbarer Nähe. In anderen Fällen sind die Fahrdienstleiterarbeitsplätze von elektronischen Stellwerken außerhalb einer Betriebszentrale und meist in unmittelbarer Nähe zur zu steuernden Infrastruktur angelegt. Dieses betrifft insbesondere die Stellwerke von Regionalnetzen, wogegen Betriebszentralen eher die Bedienplätze umfassen, deren zu steuernde Infrastrukturen für das Gesamtnetz von höherer Bedeutung sind. Das sind beispielsweise Hauptstrecken oder große Knotenbahnhöfe.

Im Folgenden werden die technischen und organisatorischen Unterschiede beider Lokalisierungsvarianten kurz beschrieben.

4.3.1 Unterschiede in den Hauptkomponenten eines elektronischen Stellwerks in Abhängigkeit von der Lokalisation

Der grundsätzliche Aufbau von elektronischen Stellwerken ist – unabhängig von der Lokalisation des Bedienplatzes – recht ähnlich. Generell können elektronische Stellwerke in die folgenden funktionalen Ebenen untergliedert werden [FNT03]:

- Bedien- und Anzeigeebene
- Sicherungsebene
- Stellebene

Vom ESTW-Bedienplatz außerhalb einer Betriebszentrale erfolgt die unmittelbare Bedienung einer ESTW-Zentrale (ESTW-Z), die den Sicherungskern des Stellwerks und damit die Sicherungsebene darstellt. Dieser sind im Regelfall mehrere aus der ESTW-Z ferngesteuerte ESTW-Außenstellen / abgesetzte ESTW (ESTW-A) untergeordnet. Ein einzelnes ESTW-A umfasst die Stellebene und steuert im Regelfall den Bereich einer einzelnen Zugmeldestelle oder einen einzelnen Teil eines größeren Bahnhofs. Eine wesentliche Bedeutung der ESTW-A ist die Überwindung einer Begrenzung der Stellentfernung [MAS12], indem die Energieversorgung der zu steuernden Elemente über ESTW-A stattfindet. Durch eine dichte Anordnung von ESTW-A entlang einer Eisenbahnstrecke kann der vom Bedienplatz zu steuernde Bereich theoretisch unendlich ausgedehnt und von diesem beliebig entfernt lokalisiert sein, wie bereits in Abschnitt 2.1.2 beschrieben.

Wenn sich der Bedienplatz des elektronischen Stellwerks innerhalb einer Betriebszentrale befindet, wird ein ESTW-Z unter Anpassung bestimmter Funktionen als ESTW-Unterzentrale (ESTW-UZ) bezeichnet. Im Gegensatz zur ESTW-Z enthält eine ESTW-UZ lediglich einen Notbedienplatz, von dem aus im Störfall Bedienhandlungen möglich sind [MAS12].

Abbildung 9 vergleicht die Hauptkomponenten von elektronischen Stellwerken mit ihren Bedienplätzen innerhalb bzw. außerhalb einer Betriebszentrale. Beim elektronischen Stellwerk mit Bedienplatz außerhalb einer Betriebszentrale ist die räumliche Distanz zwischen Bedien- und Sicherungsebene, also zwischen Fahrdienstleiter-Bedienplatz und ESTW-Z, im Regelfall sehr gering. Oft befinden sich beide Ebenen im gleichen Gebäude. Es handelt sich im Gegensatz zur Bedienung eines elektronischen Stellwerks aus einer Betriebszentrale sozusagen um ein örtlich bedientes Stellwerk.

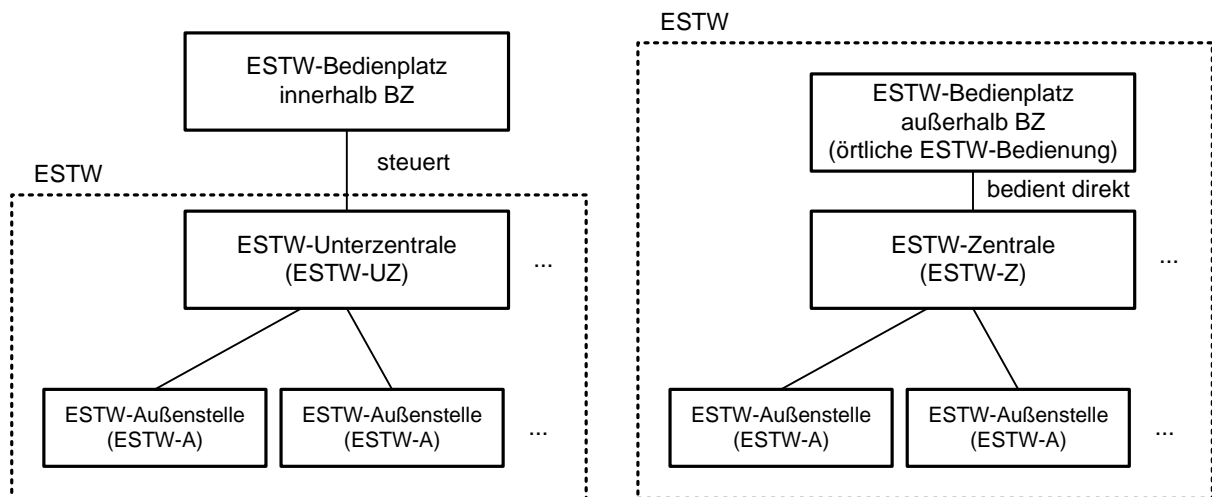


Abbildung 9 Unterschiede im territorialen Aufbau von elektronischen Stellwerken mit Bedienplätzen innerhalb bzw. außerhalb einer Betriebszentrale

4.3.2 Wahl und Umsetzung von Dispositionsentscheidungen in elektronischen Stellwerken innerhalb und außerhalb einer Betriebszentrale

Abbildung 10 zeigt den hierarchischen Zusammenhang zwischen den bereits erläuterten Zuständigkeiten bezüglich Dispositionsentscheidungen und den verschiedenen Lokalisationen der Fahrdienstleiter, welche die in der Betriebszentrale getroffenen Entscheidungen zu berücksichtigen haben.

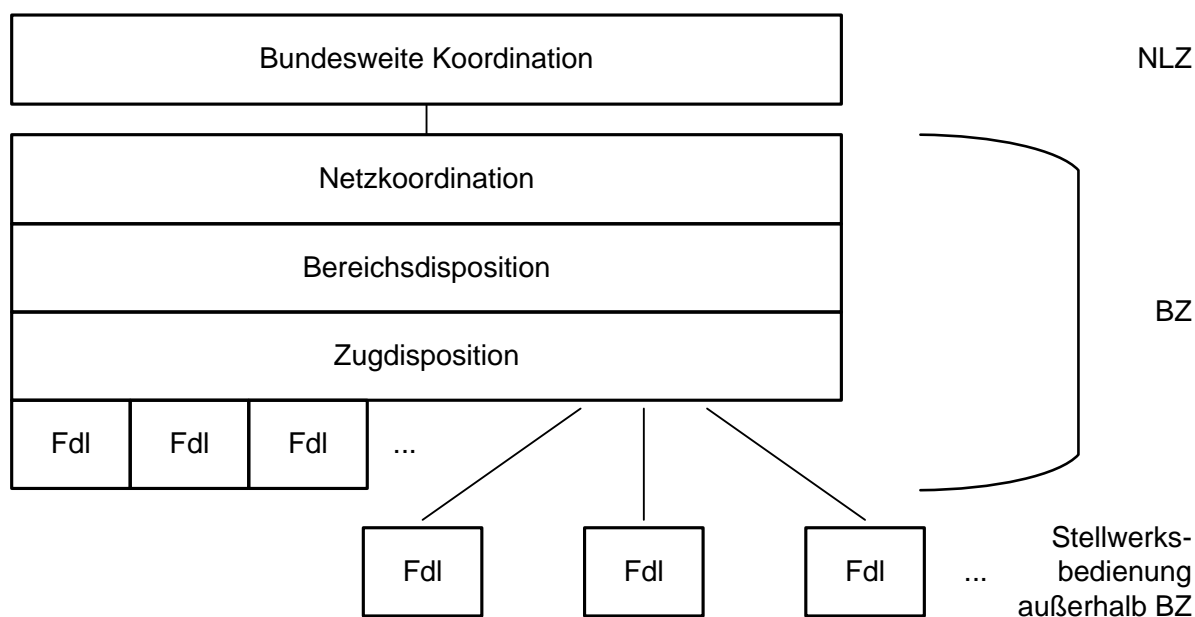


Abbildung 10 Dispositionsentscheidungen der Betriebszentrale und Lokalisationsmöglichkeiten der Fahrdienstleiter

Dispositionsentscheidungen für das gesamte Netz der Deutschen Bahn werden in den sieben Betriebszentralen und der Netzleitzentrale getroffen [MAS12]. Fahrdienstleiter von elektronischen Stellwerken, die von außerhalb der Betriebszentrale bedient werden (ESTW-Z) sowie auch das Personal sämtlicher anderer Stellwerksbauformen, bekommen die getroffenen Dispositionsentscheidungen direkt aus der zugehörigen Betriebszentrale mitgeteilt.

Die Grundaufgaben des Fahrdienstleiters im elektronischen Stellwerk außerhalb einer Betriebszentrale gleichen weitgehend denen, die bei einem Stellwerk zu erfüllen sind, dessen Bedienplatz sich innerhalb einer Betriebszentrale befindet. Zur Untersuchung der Tätigkeiten des Fahrdienstleiters ist es deshalb nicht relevant, ob sich der Bedienplatz des elektronischen Stellwerks innerhalb oder außerhalb der Betriebszentrale befindet. Der wesentliche Unterschied im Regelbetrieb ist die räumliche Distanz zwischen den verschiedenen Fahrdienstleitern sowie zwischen Fahrdienstleiter und Disponenten.

5 Erfassung der Anzeigen und Bedienmöglichkeiten als Basis für weitere Betrachtungen

In einem elektronischen Stellwerk kann zur Betriebsdurchführung bei ungestörtem Betriebsablauf die Zuglenkung genutzt werden. Die Fahrstraßen stellen sich entsprechend der vorgesehenen Fahrzeiten und Gleisbelegungen automatisch ein, aktive Handlungen des Fahrdienstleiters im elektronischen Stellwerk verbleiben unter Umständen ausschließlich in außerplanmäßigen Fällen erforderlich. Die bekannten Regularien bieten allerdings nicht für jedes beliebige Szenario definierte Vorgaben zum Umgang mit der jeweiligen Situation. Dies liegt einerseits an der sehr großen Anzahl an denkbaren Szenarien, andererseits aber auch daran, dass für viele Situationen kein einheitlicher Ablauf von erforderlichen Folgehandlungen vorgegeben werden kann. Alternativ zur Untersuchung konkreter Aufgaben im Zusammenhang mit bestimmten Situationen bietet es sich daher an, die anzahlmäßig begrenzten Bedienmöglichkeiten mit ihren Eigenschaften detailliert zu analysieren. Diese beschreiben ausführbare Aktionen am Arbeitsplatz ohne den Zusammenhang, in welchem einzelne Handlungen im Arbeitsablauf vorkommen können. Vorteil einer derartigen Betrachtung ist die eindeutige Beschreibung der Bedienoberfläche und die Tatsache, dass jede aktive Aufgabe auf einzelnen Handlungen mittels der Nutzung von Bedienmöglichkeiten beruht.

Eine Analyse von Bedienmöglichkeiten kann zu einem besseren Verständnis des Tätigkeitsfeldes eines Fahrdienstleiters im elektronischen Stellwerk führen. Die hiermit verbundene Erfassung von Anzeigen bietet außerdem eine wesentliche Grundlage, um Einflussfaktoren der Bedienoberfläche auf das Situationsbewusstsein zu identifizieren und Änderungsmöglichkeiten in deren Gestaltung ableiten zu können. Die Bedienungen von Fahrstraßen und Einzelelementen der Infrastruktur erfolgen im elektronischen Stellwerk im Regelfall direkt über die Gleisbilddarstellung, also über die Anzeigen der Ist-Zustände.

In den nachfolgenden Abschnitten wird zunächst der Begriff „Bedienmöglichkeit“ im Vergleich zu anderen Begriffen erläutert. Anschließend folgt eine Übersicht über die verschiedenen Bedienungsarten von elektronischen Stellwerken, eine Zusammenfassung der Hardwareausstattung sowie die Ausarbeitung der verschiedenen Arten von Informationen, welche am Arbeitsplatz im elektronischen Stellwerk dem Fahrdienstleiter vermittelt werden. Besonderheiten einzelner Stellwerke, die beispielsweise aus Eigenschaften der Infrastruktur oder Bau- bzw. Realisierungsformen resultieren können und in örtlichen Richtlinien zusammengefasst sind, werden nicht betrachtet¹¹.

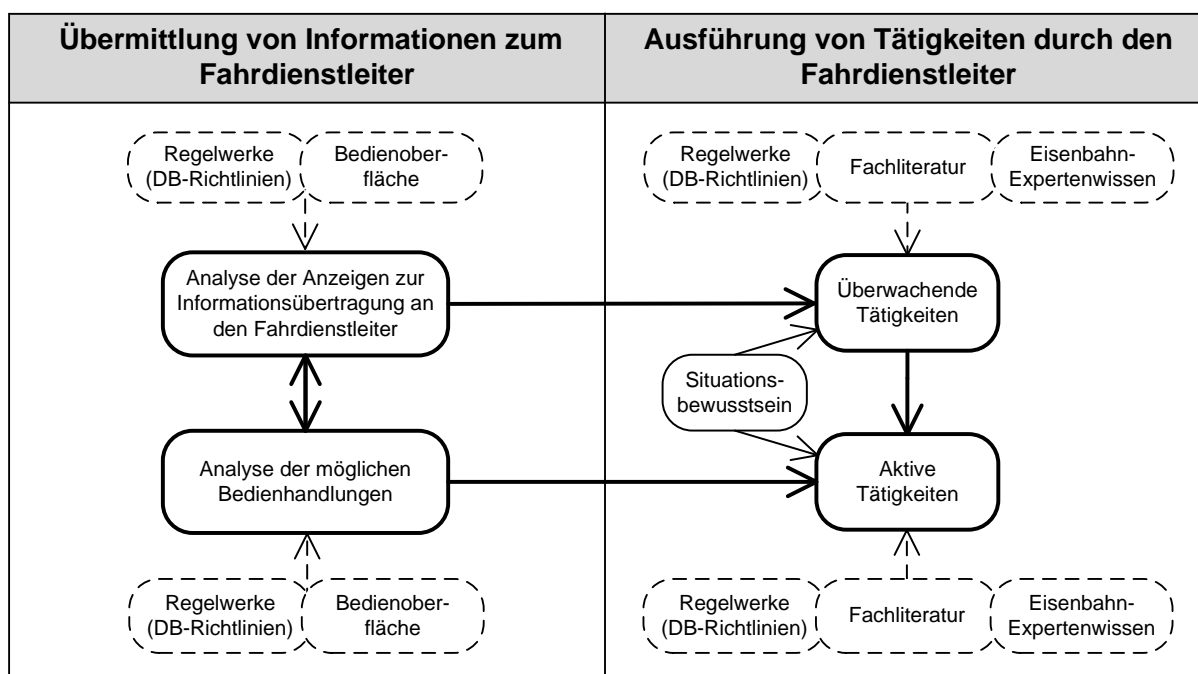
Die weitere Ausarbeitung orientiert sich an der ESTW-Unterbauf orm EI S (Elektronisches Stellwerk Siemens). Es unterscheiden sich sowohl Anzeigeeinformationen als auch Bedienmöglichkeiten zwischen den beiden gängigen Unterbauf ormen EI S und EI L (Elektronisches Stellwerk

¹¹ Örtliche Richtlinien beschreiben besondere örtliche Eigenschaften des zugehörigen Bedienplatzes, unter denen spezielle Aufgaben erforderlich sind. Diese Aufgaben setzen sich auch wieder aus einzelnen Bedienhandlungen am Arbeitsplatz eines Stellwerksbedieners zusammen. Sie können somit in der Erfassung der Bedienmöglichkeiten berücksichtigt werden und es ist nicht zu erwarten, dass durch eine ausbleibende Betrachtung jeglicher örtlicher Richtlinien im Rahmen einer Bedienanalyse Informationen unbeachtet bleiben.

Lorenz) nur unwesentlich¹². Die Beschreibungen lassen sich in weiten Teilen auf EI-L-Stellwerke übertragen.

Ein wesentliches Dokument zur Beschreibung der Bedienmöglichkeiten im EI S stellt die Richtlinie 482.9012 zum Thema „Signalanlagen bedienen – Elektronisches Stellwerk EI S“ mit den einzelnen Zusätzen dar. Die Zusammenhänge zwischen der Analyse von Anzeigen am Bedienplatz, möglichen Bedienhandlungen und überwachenden bzw. aktiven Tätigkeiten sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Die Anzeigen bilden ein wesentliches Element der Übermittlung von aktuellen Informationen an den Fahrdienstleiter, womit diese eine maßgebende Grundlage zur Ableitung von Studien zum Situationsbewusstsein darstellen.

Tabelle 13 Zusammenhänge zwischen der Übermittlung von Informationen zum Fahrdienstleiter und der Ausführung von Tätigkeiten unter Berücksichtigung von Quellen für die nähere Erfassung



5.1 Verwendung von Begriffen für eine Analyse der Bedienmöglichkeiten

Der Begriff „Bedienmöglichkeit“ wird durch die Darstellung der Unterschiede zu den Bezeichnungen „Tätigkeit“, „Bedienhandlung“ sowie „Aufgabe“ bzw. „Unteraufgabe“ erläutert.

Tätigkeit

Der Begriff der Tätigkeit ist ein Sammelbegriff für einen Vorgang seitens eines Bedieners. Die Ausführung einer Tätigkeit kann überwachend oder aktiv erfolgen.

¹² Die Unterschiede bzw. die weitgehende Einheitlichkeit von Anzeigen und Bedienmöglichkeiten werden durch den direkten Vergleich der Richtlinien zur allgemeinen Bedienung [DB98, DB02] und zur Mausbedienung [DB01, DB02-2] zu ESTW-Stellwerken beider Hersteller deutlich.

Tätigkeiten können unterschiedliche Detaillierungsebenen umfassen. So kann das Anwählen eines Startsignals beispielsweise in die einzelnen Handbewegungen untergliedert werden. Auf die Problematik einer unbegrenzt erscheinenden Möglichkeit weiterer Unterdetaillierungen in der Untersuchung von Tätigkeiten im Eisenbahnwesen wurde bereits in [LM12] hingewiesen.

Bedienhandlung

Eine Bedienhandlung stellt eine *aktive* Tätigkeit auf niedriger Betrachtungsebene dar.

Beispiel: Anwählen des Startsignals zum Einstellen einer Fahrstraße nach [DB01]. Das Anwählen erfolgt bei elektronischen Stellwerken der Unterbauform EI S mit Mausbedienung unter Anklicken des Signals auf einem Anzeigebildschirm mit der rechten Maustaste.

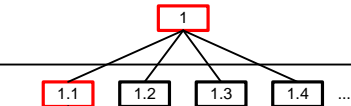

Aufgabe und Unteraufgabe

Der Bediener eines Stellwerks hat verschiedene Aufgaben zu erfüllen, um die Durchführung des sicheren Bahnbetriebs im Regel- und Störfall zu gewährleisten. Eine wesentliche Aufgabe des Fahrdienstleiters ist z.B. das Erteilen von Fahrterlaubnissen für Zug- und Rangierfahrten. Dabei handelt es sich um eine aktive Aufgabe, die mit einer Summe von Unteraufgaben zusammenhängen kann. Je nach Situation können mehrere (vorbereitende) Unteraufgaben mit Bedienhandlungen erforderlich sein, damit die Fahrterlaubnis erteilt werden kann. Das eigentliche Erteilen der Fahrterlaubnis ist ein einfacher Vorgang und kann beispielsweise durch eine Start-Ziel-Bedienung erfolgen. Die vorbereitenden Unteraufgaben können in Abhängigkeit von der Situation umfangreicher ausfallen.

Im Gegensatz zu Bedienhandlungen stehen Aufgaben bzw. Unteraufgaben in unmittelbarem Zusammenhang mit einer bestimmten Zielstellung.

Eine Aufgabe besitzt eine höhere Bedeutung als eine Unteraufgabe, wobei die exakte Abgrenzung meist kaum möglich ist. Tabelle 14 beschreibt als Beispiel für die Aufgabe „Fahrterlaubnis erteilen“ eine vorbereitende Unteraufgabe sowie eine einzelne zugehörige Bedienhandlung.

Tabelle 14 Beispiel für Unteraufgabe und Aufgabe einer Bedienhandlung

Funktion	Tätigkeiten	Hierarchischer Zusammenhang
Aufgabe	Fahrterlaubnis erteilen	
Unteraufgabe	Fahrwegelemente in korrekte Lagen bringen	
Bedienhandlung	Anwählen von Weiche XY mit linker Maustaste	

Bedienmöglichkeit

Eine Bedienmöglichkeit bildet die Basis für eine Bedienhandlung. Der Begriff beschreibt eine Möglichkeit des Eingriffs eines Bedieners, welche auf Basis der vorhandenen Hardware- bzw.

Software-Ausstattung am Arbeitsplatz geboten wird. Die Betrachtung von Bedienmöglichkeiten kann analog zu Bedienhandlungen ohne Zusammenhang zu einer konkreten Unteraufgabe bzw. Aufgabe stattfinden, also unabhängig von deren Bedeutung im betrieblichen Kontext.

5.2 Bedienungsarten

Unabhängig von verschiedenen herstelllerspezifischen Besonderheiten lassen sich bei den elektronischen Stellwerken im Netz der DB vier grundsätzliche Bedienungsarten unterscheiden. Die ersten elektronischen Stellwerke (ab 1988) ermöglichten die Eingabe von Befehlen über eine Dateneingabetastatur. Ab den Jahren 1995/96 wurde ein Bedientablett mit Stift angewandt. Dieses ist nach kurzer Zeit durch die Mausbedienung abgelöst worden. Die Entwicklung zur Mausbedienung ist darauf zurückzuführen, dass die Anwendung älterer Bedienungsarten während der Betriebsdurchführung ungünstige Blickwechsel zwischen Monitor und Bedienmedium notwendig machte [HMR08].

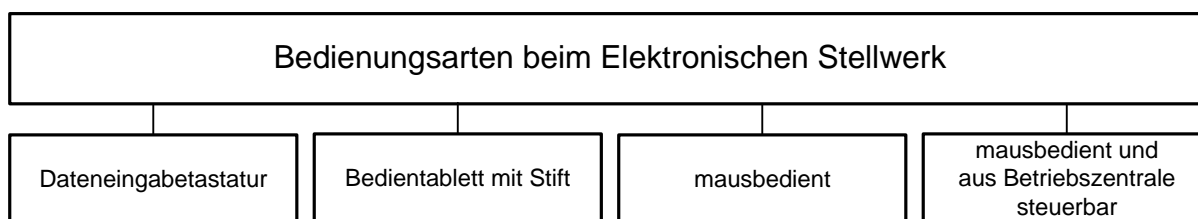


Abbildung 11 Darstellung der Bedienungsarten beim elektronischen Stellwerk in der Reihenfolge ihrer Einführung nach [HMR08]

Der inhaltliche Vergleich der Bedienungsrichtlinien zu Stellwerken mit und ohne Mausbedienung zeigt, dass sich der Einsatz verschiedener Bedienungsarten zwar auf die Art und Weise der Umsetzung von Befehlen und Aktionen auswirkt, nicht jedoch auf die Aufgaben an sich. Die Zielstellungen von einzelnen Tätigkeiten haben sich kaum verändert.

Die weiteren Abschnitte beziehen sich auf den derzeitigen Stand der Technik und dem weit verbreiteten System der Mausbedienung. Die Vorgaben zur Bedienung eines elektronischen Stellwerks der Unterbauform EI S werden im Zusatz 482.9012Z02 für die Mausbedienung beschrieben. Diese werden um Vorgaben zum Bedienplatzsystem BPS 901 ergänzt, welche unter 482.9012Z03 ebenfalls als Zusatz der Richtlinie 482 geführt werden¹³.

¹³ Beim BPS 901 handelt es sich um das System eines ESTW-Arbeitsplatzes der Firma Siemens mit Mausbedienung und sicherer Bereichsübersicht [JON01].

5.3 Hardwareausstattung

Der Fahrdienstleiterarbeitsplatz im elektronischen Stellwerk setzt sich, unabhängig von der Art des Bedien- / Eingabemediums und vom Hersteller, aus verschiedenen wesentlichen Hardwarekomponenten zusammen [DB98, JON01]:

- Bedien- / Eingabemedium (Computermaus)
- Tastatur
- Bildschirme
- Protokoll- und Störungsdrucker (Dokumentationssystem)
- Telekommunikationsanlage

Die unmittelbare Bedienung von Elementen findet im mausbedienten elektronischen Stellwerk objektorientiert statt. Es handelt sich im Wesentlichen um Zwei-Tasten-Bedienungen, indem die grundsätzlichen Bedienungen mit der linken und rechten Maustaste erfolgen. Alternativ zur Mausbedienung sind Bedienhandlungen per Tastatur möglich [DB01].

Zur Darstellung der vorherrschenden Betriebssituation – und damit als wesentliche Übermittlungsquelle von Informationen – ist der Arbeitsplatz eines Fahrdienstleiters in der Grundausstattung mit insgesamt acht Monitoren versehen. Der Arbeitsplatz kann weitere Monitore für zusätzliche Funktionen, wie zur Überwachung eines Bahnübergangs, umfassen [JON01].

Der Protokoll- und Störungsdrucker, welcher inzwischen durch ein Dokumentationssystem ersetzt worden ist, konnte zur vollständigen Protokollierung aller wichtigen im Stellwerk ausgeführten Handlungen genutzt werden. Diese wurden dabei ausgedruckt. Der Protokoll- und Störungsdrucker war zu jeder Zeit eingeschaltet und ersetzte das bei Stellwerken älterer Technik manuell zu pflegende Dokument „Nachweis der Zählwerke“. Das Dokumentationssystem führt die Erfassung der Aufgaben primär durch Speicherung auf einem Datenträger aus, anstatt sie als Ausdruck auf Papier wiederzugeben [DB98]. Ein kontinuierliches Protokollieren findet nach wie vor statt. Das Dokumentationssystem zeigt die erfassten Aufgaben dem Fahrdienstleiter in der Kommunikationsanzeige als Monitorbild an. Diesem verbleibt die Möglichkeit, ausgewählte Meldungen auszudrucken.

Die Telekommunikationsanlage dient im Wesentlichen zur Durchführung von Telefongesprächen mit Disponenten, den Bedienern anderer Stellwerke oder dem Fahrpersonal auf der zu bedienenden Gleisinfrastuktur. Dabei kommen unterschiedliche Arten von Systemen zum Einsatz. Diese können beispielsweise in Abhängigkeit davon variieren, ob ein elektronisches Stellwerk in eine Betriebszentrale eingegliedert ist oder ob es sich um einen Bedienplatz außerhalb der Betriebszentrale handelt [DB08, 0201]. Das innerhalb der Betriebszentrale anzutreffende System TKA 2002 stellt ein bildschirmgestütztes Kommunikationssystem dar [JON01], bei dem sich verschiedene Bedienungen per Mausklick über Menüfenster am Monitor ausführen lassen.

5.4 Darstellung von Informationen zum Betriebsgeschehen und Bedienmöglichkeiten

Die Darstellung der Gleisinfrastruktur sowie sonstiger Informationen erfolgt in der Grundausstattung über die in Tabelle 15 zusammengefassten Bildschirmansichten [DB01].

Tabelle 15 Bildschirmansichten auf den Anzeigemonitoren im elektronischen Stellwerk

Bildschirmansicht	Art der Darstellung
Bereichsübersicht	Ansichten des Bedienbereichs (Infrastruktur)
Lupenbild	
Dialogmonitorfenster	Sonstige Anzeigen zur Vermittlung von Informationen
Kommunikationsanzeige	
Dokumentation	
Gleisbenutzungstabelle	

Die Gleisinfrastruktur mit ihren Eigenschaften und Belegungsinformationen wird dem Fahrdienstleiter ausschließlich über die Ansichtsarten der Bereichsübersicht sowie des Lupenbilds graphisch vermittelt. In beiden Darstellungen enthaltene Informationen werden beständig, statisch oder blinkend angezeigt. Beständige Informationen sind zu jeder Zeit und unveränderlich auf der Anzeige vorhanden. Statische Anzeigeinformationen können ebenfalls zu jeder Zeit angezeigt werden. Dabei können sie unterschiedliche Zustände annehmen bzw. von der Darstellungsart veränderlich sein¹⁴ oder während einer bestimmten Situation ohne Veränderung ihrer Darstellung angezeigt werden¹⁵.

Bereichsübersicht und Lupenbild bilden die wesentlichen Komponenten am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters und teilen sich nach [JON01] in Bildbereich (oberer Teil der Bildschirmansicht) und Bedienbereich (unterer Teil) auf. Diese Bezeichnungen sind etwas irreführend, da einerseits auch im oberen Darstellungsteil Bedienhandlungen ausführbar sind, andererseits aber auch im unteren Teil einige Anzeigeinformationen enthalten sind. Grundsätzlich unterscheiden sich die Bildbereiche von Bereichsübersicht und Lupenbild in ihrem Darstellungsmaßstab und damit auch in ihrem Detaillierungsgrad.

¹⁴ Bei der Anzeige des Herstellerlogos handelt es sich z.B. um eine beständige Anzeigeinformation, wohingegen ein Signal als statische Anzeigeinformation zwar zu jeder Zeit angezeigt wird, jedoch entsprechend der verschiedenen Anzeigemöglichkeiten am Signalschirm auch am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters in unterschiedlichen Ausleuchtungen bzw. Zuständen dargestellt werden kann.

¹⁵ Dies ist beispielsweise bei der Anzeige von (ausgewählten) Sammelmeldern in der Betriebs- und Störungsanzeige der Fall. Diese werden angezeigt, um den Fahrdienstleiter auf das Vorherrschen einer bestimmten Situation hinzuweisen und sind ausschließlich während des Vorhandenseins der Situation als unveränderlicher Buchstabencode dargestellt.

Dem Inhalt entsprechend lassen sich Bereichsübersicht und Lupenbild eindeutiger in drei gleichartige, horizontale Bereiche unterteilen. Während der Bildbereich zur Anzeige von Informationen und zur Ausführung von Bedienungen dient, wird der Bereich der Bedienfunktionen ausschließlich für aktive Handlungen genutzt. Die Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen erfüllen primär eine Anzeigefunktion. Sowohl die Bereichsübersichten als auch die Lupenbilder elektronischer Stellwerke der Unterbauform EI S entsprechen einheitlich dem beschriebenen Aufbau.

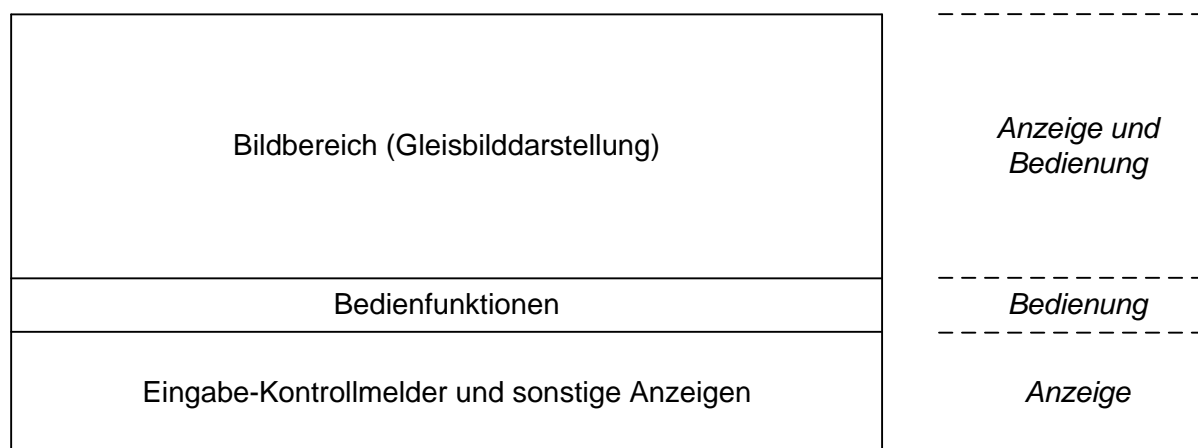


Abbildung 12 Grundsätzliche Unterteilung der Darstellungen von Lupenbild und Bereichsübersicht in die verschiedenen Anzeige- und Bedienbereiche

Dialogmonitorfenster, Kommunikationsanzeige, Dokumentation und Gleisbenutzungstabelle dienen, wie auch die unteren beiden Ansichtsteile von Bereichsübersichts- und Lupenbildschirm (vgl. Abbildung 12), zur Darstellung von Informationen in textlicher Form ohne ein Modell der zu steuernden Infrastruktur als Ansichtsgrundlage. Diese Anzeigen umfassen im Regelfall die gleiche Anzahl an Bildschirmen wie die Infrastrukturdarstellungen und beanspruchen als Ganzes einen wesentlichen Anteil von Bildschirmen am Arbeitsplatz.

Bereichsübersicht und Lupenbild als Hauptkomponenten der Darstellung

Auch wenn die weiteren Anzeigen im elektronischen Stellwerk ebenfalls notwendige Informationen zur Betriebsdurchführung liefern, wird sich in der nachfolgenden Analyse schwerpunktmäßig auf die Gleisbilddarstellungen mit ihren Anzeigeeigenschaften und Bedienmöglichkeiten konzentriert. Dies wird damit begründet, dass die Infrastrukturansichten dem Fahrdienstleiter die wesentlichen Informationen über die aktuelle Betriebssituation liefern und als Hauptkomponenten am Arbeitsplatz eines elektronischen Stellwerks angesehen werden können. Die möglichst kontinuierliche Betrachtung von Bereichsübersicht und Lupenbild bildet die Basis zur Erlangung bzw. Gewährleistung eines ausreichenden Situationsbewusstseins. Weitere Bildschirmansichten dienen u.a. der Verwaltung von Anzeigen, als Ergänzung zu den Angaben in den Infrastrukturdarstellungen, zur Speicherung und zur Einsicht bestimmter Bedienhandlungen oder zu Einstellungen der Zuglenkung. Es handelt es sich – abgesehen von der Gleisbenutzungstabelle – also hauptsächlich um Anzeigen und Bedienmöglichkeiten, die nicht in direktem Zusammenhang mit der Bedienung von Infrastrukturelementen stehen und die sich nicht unmittelbar auf den Fahrbetrieb auswirken.

5.4.1 Bereichsübersicht

Die Bereichsübersicht gibt einen Überblick über die gesamte zu steuernde Gleisinfrasturktur im Ist-Zustand. Sie ermöglicht außerdem die Umsetzung verschiedener Bedienhandlungen an Elementen.

5.4.1.1 Anzeigeinformationen im Bildbereich der Bereichsübersicht

Der Bildbereich in der Bereichsübersicht besteht ausschließlich aus der Darstellung eines Infrastrukturmodells. Neben der Gleisinfrasturktur mit den zugehörigen Hauptsignalen werden Bahnsteige und Bahnübergänge (mit Bezeichnung) sowie Nahstellbereiche angezeigt [JON01]. Außerdem sind die Gleisabschnittsbezeichnungen und die Bezeichnungen der einzelnen Betriebsstellen in der Ansicht vermerkt.

Die Anzeigeinformationen im Bildbereich einer Bereichsübersicht lassen sich in Infrastruktur- bzw. Sicherungselemente und in sonstige Informationen zur Darstellung individueller Eigenschaften unterteilen. Infrastruktur- und Sicherungselemente sind permanent vorhanden (und damit auch ständig in der Darstellung angezeigt), können jedoch verschiedene Zustände annehmen. Dieses wird durch unterschiedliche Darstellungsvarianten berücksichtigt. Sonstige Informationen werden nur unter bestimmten Bedingungen angezeigt. So ist ein Zugnummernfeld beispielsweise nur dann mit einer Zugnummer versehen, wenn das zugehörige Gleiselement zum betreffenden Zeitpunkt von einer Zugfahrt belegt wird.

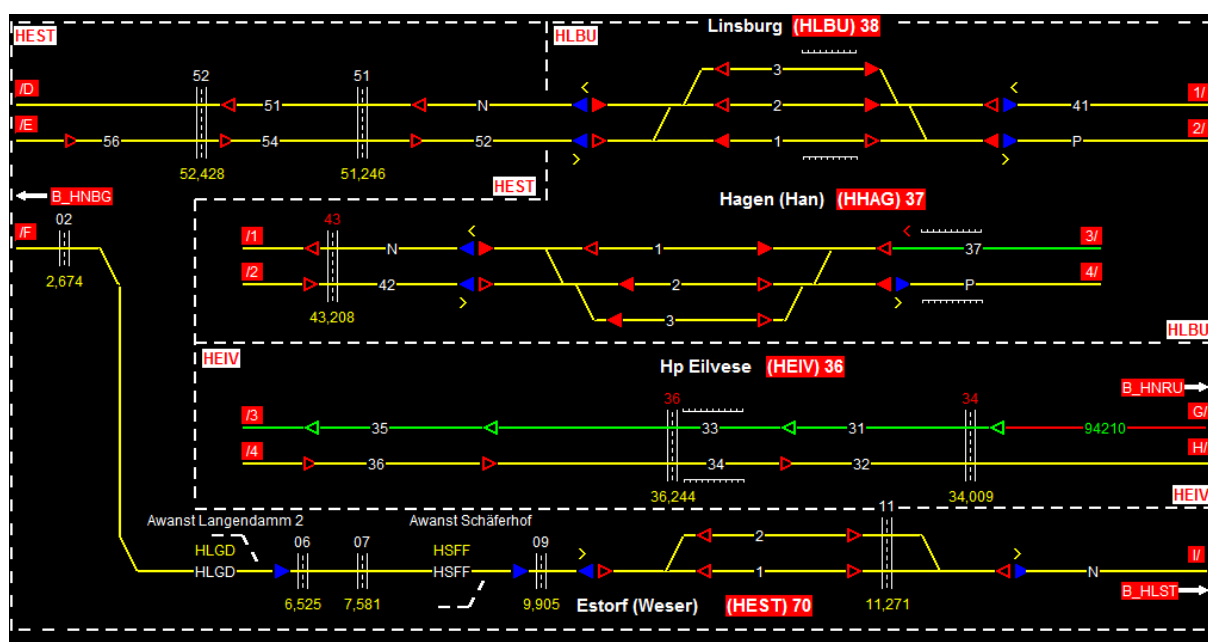






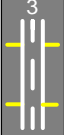
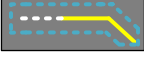
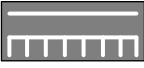


Abbildung 13 Beispiel eines Bildbereichs der Bereichsübersicht im elektronischen Stellwerk aus der Software ESTWsim, Verden-Süd

Tabelle 16 Darstellung von Infrastruktur- bzw. Sicherungselementen sowie Belegungsinformationen in der Bereichsübersicht nach [DB98]

Nr.	Bezeichnung	Darstellungsvarianten mit Bedeutung	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
1	Gleis	gelb: sichere Freianzeige weiß: Gleis nicht besetzt (keine sichere Freianzeige) rot: Gleis besetzt weiß gestrichelt: Gleis ohne Gleisfreimeldung	statisch		ja
2	Weiche	Darstellungsvarianten analog zur Gleismodellierung	statisch		ja
3	Signal (PZB)	rot: Halt grün: Fahrt weiß: Rangierfahrt	statisch		ja
	Signal (PZB) bei Selbststellbetrieb	rot: Halt grün: Fahrt grün: Anstoß für Zugstraßeneinstellung	statisch blinkend an/aus		
	Signal (PZB) bei Zuglenkbetrieb	rot: Halt grün: Fahrt	statisch		
		rot: Dispohalt eingegeben grün: Fahrt zeigendes Dispohalt-Signal	statisch		nein
4	Bahnübergang	schwarz (Ziffer): technisch nicht gesichert rot: Schranken geschlossen, BÜ kann freigemeldet werden rot: BÜSA eingeschaltet, Schranken noch nicht geschlossen	statisch		ja
			blinkend an/aus		
5	Nahstellbereich	Anzeige ohne „NBI“ als Text in Darstellung Anzeige mit „NBI“ als Text in Darstellung	statisch		nein
6	Bahnsteig	-	beständig		-
7	Gleisabschnittsbezeichnung	-	beständig		-
8	Bezeichnung der Betriebsstelle	-	beständig		-





Die Analyse der Darstellungsvarianten nach Tabelle 16 lässt erkennen, dass es sich bei fast allen Anzeigen von Infrastruktur- und Sicherungselementen um statisch dargestellte Informationen handelt. Elemente in blinkender Darstellung beschreiben Übergangszustände zwischen Ausgangs- und Zielzustand (Beispiel: Bahnübergang im Schließvorgang) und werden nur für eine bestimmte Zeitdauer angezeigt. Die Darstellungsvarianten zeigen, welche unterschiedlichen Zustände der Elemente sich aus den einzelnen farblichen Ausleuchtungen ablesen lassen und geben einen Überblick über die mögliche Vielfalt der dargestellten Informationen. So

gibt die Abbildung der Gleisinfrastruktur Informationen über den Belegungszustand eines Gleises. Signale werden zwischen Halt- bzw. Fahrtstellung und Bahnübergänge entsprechend des vorhandenen Sicherungszustands unterschieden. Eine vorhandene Ein- bzw. Ausschaltung von Nahstellbereichen kann ebenfalls dem Darstellungsbild entnommen werden. Aus den Signaldarstellungen kann beispielsweise abgeleitet werden, ob bei eingeschaltetem Zuglenkbetrieb ein Dispositionshalt berücksichtigt worden ist¹⁶. Die Anzeige von Bahnsteigen, Gleisabschnittsbezeichnungen und Bezeichnungen der Betriebsstellen verändert sich nicht in ihrer farblichen Darstellung und ist beständig vorhanden.

Grundsätzlich sind alle Bedienhandlungen manuell möglich, wobei eine bestimmte Anzahl dieser Handlungen im elektronischen Stellwerk automatisiert ablaufen kann. Die letzte Spalte der dargestellten Tabellen zur Erfassung der angezeigten Informationen beschreibt, ob die möglichen Darstellungsvarianten nicht nur auf Basis manueller Bedienhandlungen sondern auch aufgrund automatisierter Vorgänge (und damit beispielsweise unter eingeschalteter Zuglenkung) im Regelbetrieb vorkommen können. Bei den Infrastruktur- und Sicherungselementen sowie Belegungsinformationen in der Bereichsübersicht können mit wenigen Ausnahmen sämtliche Darstellungsvarianten im automatisierten Betrieb mit Zuglenkung anzutreffen sein. Ausnahmen sind lediglich die Darstellung von Signalen im Zuglenkbetrieb, welche nur nach manuellem Einlegen eines Dispositionshalts entsprechend angezeigt werden und die Anzeige eines Nahstellbereichs. Nahstellbereiche sind in der Grundstellung ausgeschaltet und zur Nutzung manuell einzuschalten.

¹⁶ Das nach [DB98, S. 72] bezeichnete Symbol „Dispo Halt eingeben“ (in Tabelle 16 als „eingegeben“ bezeichnet) beschreibt das manuelle Einlegen eines Dispositionshalts. Dieses kann signalbezogen oder zugbezogen erfolgen. In diesem Fall wird die Zuglenkung nicht unmittelbar außer Kraft gesetzt, die Ausführung des Zuglenkanstoßes jedoch von der Mitwirkung des Fahrdienstleiters abhängig gemacht. „Dispo Fahrt“ beschreibt ein fahrteigendes Signal, für welches ein Dispositionshalt eingegeben wurde.

Tabelle 17 Sonstige, wesentliche Informationen zur Darstellung individueller Eigenschaften nach [DB98]

Nr.	Bezeichnung	Darstellungsvarianten mit Bedeutung	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
1	Zugstraße und Rangierstraße	Gleisdarstellung grün umrahmt: Start + Ziel für die Zugstraße bedient Gleisdarstellung blau umrahmt: Start + Ziel für die Rangierstraße bedient	statisch		nein
		Gleisdarstellung grün: Zugstraße eingestellt Gleisdarstellung blau: Rangierstraße eingestellt		 <i>Beispiel für Zugstraße</i>	ja
2	Zugnummer	grün: Zug der Zuglenkung bekannt gelb: Zug nicht im Zuglenkbereich	statisch		ja
		gelb: Zug der Zuglenkung nicht bekannt weiß: Zug in Zuglenkungs-Abbruchzustand grün / weiß: Zug im ZL-Wartezustand (oder Dispohalt)	blinkend an/aus		nein
3	Befahrbarkeits-sperre	weiß: Grundzustand / Gleis nicht besetzt oder durch Fahrstraße belegt rot: Gleis besetzt grün: innerhalb Zugstraße blau: innerhalb Rangierstraße	statisch		nein
4	Merkhinweis	Buchstabenkürzel im Zugnummernfeld (sofern nicht von Zugnummer überschrieben)	statisch		nein
5	Rechner-störung	rot: gesamtes Gleisbild	blinkend an/aus		ja
6	Zugnummer	Nummer im Zugnummernfeld	statisch		ja

In Tabelle 17 werden die Informationen zur Darstellung von betrieblichen Situationen über Symbole, die nur unter bestimmten Bedingungen und damit nicht zu jeder Zeit auf der Anzeige vorhanden sind, zusammenfassend dargestellt. Die Informationen umfassen die erfolgte Start-Ziel-Auswahl sowie das abgeschlossene Einlaufen einer Zug- bzw. Rangierstraße in der Gleisbilddarstellung. Befahrbarkeitssperren können vom Fahrdienstleiter manuell angelegt werden, sofern ein Fahrwegelement im Bedienbereich nicht bzw. nicht ohne betriebliche Ersatzmaßnahme befahren werden darf. Die Anzeige der Zugnummer findet kontinuierlich im Fahrtverlauf statt, wobei je nach Vorhandensein bzw. Eigenschaften der Zuglenkdaten die Zugnummer in verschiedenen Farben oder blinkend dargestellt wird. Ein Zug, dessen Nummer nicht statisch und in grüner Farbe dargestellt wird, erfordert im Regelfall manuelle Eingriffe des Fahrdienstleiters.

5.4.1.2 Bedienmöglichkeiten im Bildbereich der Bereichsübersicht

Die zwei Arten der im Bildbereich der Bereichsübersicht bedienbaren Elemente und die Bedienelemente an sich sind in Tabelle 18 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 18 Bedienbare Elemente im Bildbereich der Bereichsübersicht nach [DB01]

Bedienelementarten	Bedienelemente (Unterebene)
Fahrstraße (Zug- und Rangierstraßen)	Fahrstraßenstart
	Fahrstraßenziel
Einzelement	Weiche / Gleissperre
	Gleisabschnitt
	Signal
	Selbsttätiger Streckenblock
	Erlaubnismelder
	Blocksignal
	Gleis (=Blockabschnitt)
	BÜ-Sicherungsanlage
	Bahnhofsbezogene Bedienungen
	Oberleitungsgruppen (über bahnhofsbezogene Bedienungen)
Allgemeine Bedienungen	

Je nach Bedienelement lässt sich zwischen Fahrstraßen- und Einzelementbedienung unterscheiden. Unabhängig von der Art des Bedienelements öffnet sich nach einem Rechtsklick auf eines der Elemente auf dem Bildschirm das Bedienmenü mit der konkreten Bezeichnung des ausgewählten Elements (oberster Eintrag) sowie einer Anzeige von direkt auswählbaren Bedienkommandos bzw. Untermenüs. Diese sind als Großbuchstaben abgekürzt und Folgeaktionen lassen sich über sie auswählen. Der Rechtsklick mit anschließender Aufblendung des Bedienmenüs wird als Bedienreflex bezeichnet und stellt eine wesentliche Grundlage für Bedienhandlungen in der Bereichsübersicht dar. So kann in der Menüauswahl der beispielhaften Abbildung 14 zum Zielsignal „40N4“ mit „FP“ die Fahrstraße geprüft werden. Über die Untermenüs „D-Weg“ und „U-Weg“ öffnet sich jeweils ein Dialogfenster mit verschiedenen Auswahlmöglichkeiten zur Ausführung von Aktionen, über die Menüs „MW“ und „Andere“ lässt sich eine detailliertere Auswahl spezieller Bedienkommandos zu Mittelweichen und sonstigen Aktionen wählen. Die Selektion durch einen Bedienreflex hinterlegt das Element in der Darstellung als Bestätigung, beispielsweise mit einer Schraffur.

40N4	
FP	
D-Weg...	►
U-Weg...	►
MW	►
Andere	►

**Abbildung 14
Beispiel eines
Bedienmenüs
zum Signal 40N4**

Anhang 4 der Richtlinie 482.9012 beschreibt Abkürzungen und Bedeutungen von nahezu 200 möglichen Kommandos, welche per Bedienreflex direkt oder über damit zu öffnende Untermenüs anwendbar sind. Die Buchstaben der Abkürzungen entsprechen im Regelfall den Anfangsbuchstaben der ausgeschriebenen Bedienhandlung¹⁷. In der Bereichsübersicht können die Bedienmenüs von Einzelementen eine beschränkere Anzahl an Auswahlmöglichkeiten umfassen als im Lupenbild.

Zur Ausführung eines Vorgangs ist zusätzlich zur Wahl des gewünschten Kommandos im Bedienmenü die Bedienung der „Verarbeiten“-Taste erforderlich. Außerdem ist die Bedienung der Tasten „KF 1“ und „KF 2“ nötig, sofern es sich um KF-pflichtige (kommandofreigabepflichtige) Vorgänge handelt. Die Tasten sind in den Bedienfunktionen enthalten. Näheres dazu wird in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Besonderheiten bei der Fahrstraßenbedienung

Die Zug- und Rangierstraßenbedienung kann über die einfache Kombination aus Startbedienung sowie anschließender Zielbedienung der zugehörigen Signale mit der linken Maustaste ohne Bedienmenü und ähnlich der Bedienung im Relaisstellwerk SpDrS60 ausgeführt werden. Grundsätzlich werden Signalsymbole nach der Selektion mit der linken Maustaste von einem grünen (Zugstraße) bzw. blauen (Rangierstraße) Bedienrahmen umgeben, farblich also analog zur Kennzeichnung von Zug- und Rangierstraßen nach der Start- und Zielbedienung, wie in Tabelle 17 beschrieben.

Die Anwendung von Bedienkommandos auf Basis eines erfolgten Bedienreflexes am Start- und Zielsignal kann, ebenfalls wie bei einer Bedienung von Einzelementen, zur Wahl diverser Optionen genutzt werden. So kann über den Bedienreflex am Startsignal beispielsweise ein Disphalt angelegt werden, die Zuglenkung aktiviert oder deaktiviert werden und eine Auswahl zwischen Rangier- und Zugfahrstraße getroffen werden. Am Zielsignal lassen sich u.a. Angaben zum Durchrutschweg auswählen, Umfahrstraßen vorgeben und Fahrstraßen in Gleise nicht überspannter Bereiche vorwählen.

Besonderheiten bei der Einzelementbedienung

Die Bedienung von Einzelementen erfolgt im Regelfall per Bedienreflex, die Ausführung einer Aktion ist nur über das Bedienmenü des jeweiligen Elements möglich [DB01]. Tabelle 19 fasst die wesentlichen Ziele der Anwendung von Bedienreflexen an Einzelementen zusammen.

¹⁷ Wenn ein Fahrdienstleiter eine bestimmte Bedienung vornehmen möchte, kann er also aus dem Abgleich der Bezeichnung seiner auszuführenden Handlung mit den im Bedienmenü vorgegebenen Bedienkommando-Abkürzungen die gewünschte Aktion auswählen.

Tabelle 19 Wesentliche Ziele der Anwendung von Bedienreflexen an Einzelementen nach [DB01]

Bedienelemente (Unterebene)	Wesentliches Ziel des Bedienreflexes
Weiche	Anzeige von Merkinweisen
Gleisabschnitt	Anzeige von Merkinweisen
Signal	Manuelles Auf-Halt-Stellen des Signals Vorwahl der jeweils anderen Fahrstraßenart (Zugstraße / Rangierstraße) Rücknahme von Zug- oder Rangierstraße
Erlaubnismelder Blocksignal Gleis (=Blockabschnitt)	Erlaubnisabgabe
	Manuelles Auf-Halt-Stellen des Signals
	Anzeige von Merkinweisen
BÜ-Sicherungsanlage	Manuelles Auf-Halt-Stellen der den BÜ schützenden Signale
Bahnhaltsbezogene Bedienungen	Ein- / Ausblenden von zusätzlichen Anzeigeinformationen
- Oberleitungsgruppen	Ein- / Ausblenden (über den Bahnhofsnamen)
Allgemeine Bedienungen	Einstellungen der Bereichsübersicht ohne Bezug zu dargestellten Elementen

5.4.1.3 Bedienmöglichkeiten in den Bedienfunktionen der Bereichsübersicht

In den Bedienfunktionen der Bereichsübersicht befinden sich verschiedene Buttons. Diese können mit der linken Maustaste betätigt werden, um bestimmte Aktionen anzustoßen. Die Anzeige der Bedienfunktionen ist beständig.

Der Taste „Verarbeiten“ kommt eine wesentliche Funktion zu. Diese muss betätigt werden, um die eigentliche Ausführung sämtlicher Vorgänge vorzunehmen. Eine anschließende Bedienung der Tasten „KF 1“ und „KF 2“ ist erforderlich, sofern es sich um sicherheitsrelevante Handlungen handelt, welche einige Regelhandlungen und sämtliche Hilfsaktionen umfassen. Die KF-Bedienung dient zur systemtechnischen Überprüfung der Anzeige auf Sicherheit [JON01].

In Abbildung 15 ist die Ansicht der Bedienfunktionen einer Bereichsübersicht dargestellt. Tabelle 20 fasst die Bedienfunktionen mit Erläuterungen und Beispielen der Anwendung zusammen.

Verarbeiten	KF 1	Grundstellen	Rücknehmen	Abbrechen
KF 2				

Abbildung 15 Bedienfunktionen der Bereichsübersicht nach [DB01]

Tabelle 20 Beschreibung der Bedienmöglichkeiten in den Bedienfunktionen der Bereichsübersicht nach [DB98, DB01]

Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Beispiel
1	Verarbeiten	Abschlussbedienung von Bedienhandlungen am Bildschirm; Bedienung wird umgesetzt	Fahrstraße einstellen: 1. Anklicken des Startelements (Startsignal) 2. Anklicken des Zielelements (Zielsignal) 3. Taste „ Verarbeiten “ bedienen
2	KF1	1. Taste zur Kommando-Freigabe-Bedienung	Vornahme einer KF-pflichtigen Bedienhandlung: 1. Handlung im Bildbereich vornehmen 2. Taste „Verarbeiten bestätigen“ (Bestätigung durch Text in VQ-Zeile) 3. KF1 bedienen (nach Aufforderung in VQ-Zeile, welche nach erfolgter Aufschaltprüfung erscheint) 4. KF2 bedienen (nach Aufforderung in VQ-Zeile, welche nach erfolgter KF1-Bedienung erscheint)
3	KF2	2. Taste zur Kommando-Freigabe-Bedienung	
4	Grundstellen	Bereichsübersicht wird in Grundstellung gebracht	-
5	Rücknehmen	Löschen des letzten Mausbedienschritts; es wird zum vorherigen Mausbedienschritt zurückgekehrt	-
6	Abbrechen	Abbruch der eingeleiteten Bedienhandlung, es erfolgt keine Umsetzung in Stellwerk	-

5.4.1.4 Anzeigeinformationen in Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen in der Bereichsübersicht

Die Anzeigeinformationen im unteren Teil einer Bereichsübersicht enthalten sowohl beständige Darstellungen als auch Anzeigen, welche Informationen zu individuellen Eigenschaften wiedergeben. Die beständigen Anzeigen geben keine unmittelbaren Informationen über den Ist-Zustand des Betriebs. In kontinuierlicher Veränderung befinden sich Aktualitäts- und Monitorkontrollmelder, welche durch ihre Veränderung anzeigen, dass sie sich in aktuellem Zustand befinden.

Mittels der Betriebs- und Störanzeige (BSA) wird der Fahrdienstleiter durch sog. Sammelmelder über bestimmte betriebliche Situationen informiert¹⁸. Es handelt sich dabei um Abkürzungen für jeweils eine bestimmte Störungsart. Grundsätzlich lässt sich die Anzeige der Sammelmelder in die drei Meldungstypen Störanzeige, Betriebsanzeige sowie Rechnerstöranzeige unterteilen. Tabelle 21 fasst beispielhaft die obersten fünf Sammelmelder, die in der Richtlinie alphabetisch aufgelistet sind, mit Ausleuchtung, zugehöriger Bedeutung sowie Änderung der Anzeige nach Vornehmen der Quittierung zusammen. Insgesamt sind 18 verschiedene Sammelmelder (-abkürzungen) definiert, die unter teilweise verschiedenen Ausleuchtungsvarianten auf insgesamt 27 unterschiedliche Unregelmäßigkeiten hinweisen können [DB01]¹⁹.

Tabelle 21 Beispielhafter Auszug zur Beschreibung der Sammelmelder nach [DB01, S. 105]

Sammel- melder	Ausleuchtung	Ruhelicht nach Quittierung	Beschreibung
AW	rot blinkend	ja	Awanst-Störung
BR	rot	-	Betriebsruhe
BÜ	gelb blinkend	ja	BÜ hat Fehler
BÜ	rot blinkend	ja	BÜ hat Störung
DS	rot blinkend	ja	Störung des Dokumentationsrechners

Die Eingabezeile der Eingabe-Kontrollanzeige dient im Wesentlichen zur Wiedergabe ausgeführter Bedienungen (bzw. ursprünglich zur Wiedergabe eingegebener Kommandos) und damit als Kontrolle. Bei der Einzelementbedienung wird beispielsweise nach Auswahl des Startelements mit der linken Maustaste ein Eintrag in der Eingabezeile vermerkt, nach Rechtsklick auf ein Element erfolgt ein Eintrag erst mit der Auswahl einer Handlung im Bedienmenü. Während des Verarbeitungsvorgangs wird das Kommando einer KF-pflichtigen Bedienhandlung als KF-Kontrolltext angezeigt. Erfolgreich ausgeführte Bedienhandlungen werden positiv quittiert. Zur Beschreibung negativer Quittierungen im Fall einer fehlerhaften bzw. nicht erfolgten Ausführung einer vom Fahrdienstleiter angestoßenen Bedienhandlung sind im Anhang 5 der Richtlinie 482.9012 etwa 300 verschiedene Texte zur Ausgabe auf dem Bildschirm beschrieben. Die Texte sind in der Anzeige knapp, aber in vollständigen Wörtern formuliert, so dass vom Fahrdienstleiter die Bedeutung unmittelbar entnommen werden kann.

¹⁸ Eine Darstellung aller Sammelmelder des Aufschaltbereichs ist auch im gesonderten Sammelmelder-Bild einsehbar, welches die Sammelmelder für Bahnhöfe und Unterzentralen bzw. Zentralen zusammengefasst darstellt.

¹⁹ Eine aktuell eingetretene Störung an einer technischen Einrichtung wird dem Fahrdienstleiter nicht nur durch eine Angabe mit entsprechender Ausleuchtung in der BSA, sondern zusätzlich über eine akustische Meldung mitgeteilt. Diese erfolgt als Dauersummtone, welcher nach der Quittierung verstummt.

Des Weiteren erfolgen im Störfall die Angabe des Lupenbilds, in dem eine Störung aufgetreten ist und die Anzeige ausgewählter Meldungen des Zugnummernmeldesystems. Diese umfassen beispielsweise die Anzeige einer Zugmeldung nach dem Anbieten eines Zuges an eine Betriebsstelle außerhalb des Steuerbereichs. Die Teilanzeigen sind ebenfalls der Eingabe-Kontrollanzeige zugeordnet [DB01].

In Abbildung 16 ist die Ansicht der Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen einer Bereichsübersicht dargestellt. Tabelle 22 fasst die einzelnen Anzeigen mit ihren jeweiligen Eigenschaften zusammen. Die Anzeigeelemente mit ihrer Kennzeichnung in Tabelle 22 sind in Abbildung 16 entsprechend nummeriert.

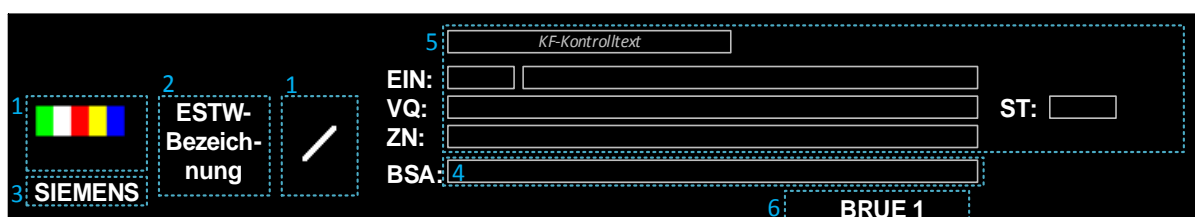


Abbildung 16 Eingabe-Kontrollmelder und sonstige Anzeigen der Bereichsübersicht nach [DB01]

Tabelle 22 Beschreibung der Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen im Bedienbereich der Bereichsübersicht nach [DB98, DB01, JON01]

Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Art der Darstellung	Beispiel
1	Kontrollmelder	Aktualitätsmelder	Weißer Balken, kontinuierlich wechselnde Lage (drehend)	-
		Monitorkontrollmelder	Farbband, zweigeteilt, obere Hälfte beständig, untere Hälfte blinkend (an/aus)	-
2	ESTW-Bereichsbezeichnung	Bezeichnung ESTW-Bereich als ausgeschriebener Name	Text in Großbuchstaben, beständig	MUSTERSTADT
3	Hersteller	Herstellerlogo / Bezeichnung	beständig	SIEMENS
4	Betriebs- und Störanzeige	Zeile BSA: Aktuell vorherrschende Störungen als Sammelmelder, stationsbezogene Darstellung	Text in Großbuchstaben, je nach Melder statisch, blinkend (an/aus), besondere Farbmarkierung	AW
5	Eingabe-Kontrollanzeige	KF-Kontrolltext: Kommando einer KF-Bedienung (erscheint von Betätigung der Taste „Verarbeiten“ bis Betätigung „KF2“)	Text in Großbuchstaben, statisch	WEICHE HILFS-UMSTELLEN
		Zeile EIN: Eingabekontrolle, Mitschrift der Bedienungen (erscheint von Anwahl des Elements bis Betätigung der Taste „Verarbeiten“)	alphanumerisch, statisch	A,N2
		Zeile VQ: Wiederholung des Textes aus der EIN-Zeile (erscheint nach Betätigung der Taste „Verarbeiten“, negative Quittierung mit Kommentar bei fehlerhaftem Kommando oder positive Quittierung)	alphanumerisch bzw. Text, statisch	BEDIENUNG ABGEBROCHEN
		Zeile ST: Angabe des Lupenbilds, auf dem eine Störung aufgetreten ist	Text in Großbuchstaben, statisch	LUPE3
		Zeile ZN: Anzeige ausgewählter Meldungen des Zugnummernmeldesystems	Text in Großbuchstaben, Ziffern, statisch	13.03 12380 HBSO ANB
6	Bereichsübersichtsbezeichnung	Bezeichnung der Bereichsübersicht	Text in Großbuchstaben, beständig	BER1

5.4.2 Lupenbild

Das Bedienareal des Fahrdienstleiters, welches im Bildbereich der Bereichsübersicht angezeigt wird, kann in kleinere Stellbereiche unterteilt werden. Diese lassen sich als Lupenbilder anzeigen und geben die Gleis- und Signalanlagen des Teilbereichs wieder. Ein Lupenbild umfasst im Vergleich zur Bereichsübersicht einen Infrastrukturbereich geringerer Ausdehnung und lässt eine detailgenauere Darstellung zu. Die Elemente der Bereichsübersicht sind alle im Lupenbild vorhanden, teilweise jedoch in anderer Symbolik und ergänzt um zusätzliche Daten. So enthält ein Lupenbild beispielsweise auch Angaben zur Stellung von Weichen. Die geänderte Symbolik betrifft z.B. die Abbildung von Signalen, deren Darstellungsweise im Lupenbild eine höhere Anzahl unterschiedlicher Signalbilder erlaubt. Im Folgenden werden nur die Anzeigeeinformationen erläutert, welche ausschließlich im Lupenbild und damit zusätzlich zu den Angaben in der Bereichsübersicht angezeigt werden.

5.4.2.1 Anzeigeeinformationen im Bildbereich des Lupenbilds

Die Ausleuchtung von Fahrstraßen, Belegungen durch Fahrzeuge sowie nicht belegten Abschnitten der Gleisinfrastuktur erfolgt in der gleichen Farbdarstellung wie in der Bereichsübersicht [JON01]. Der geänderte Darstellungsmaßstab des Lupenbilds soll die Darstellung einer höheren Zahl verschiedener Anzeigekomponenten unter Wahrung einer ausreichenden Übersichtlichkeit gewährleisten.

Abbildung 17 zeigt einen beispielhaften Bildbereich des Lupenbilds eines elektronischen Stellwerks der Unterbauform EI S mit Mausbedienung.

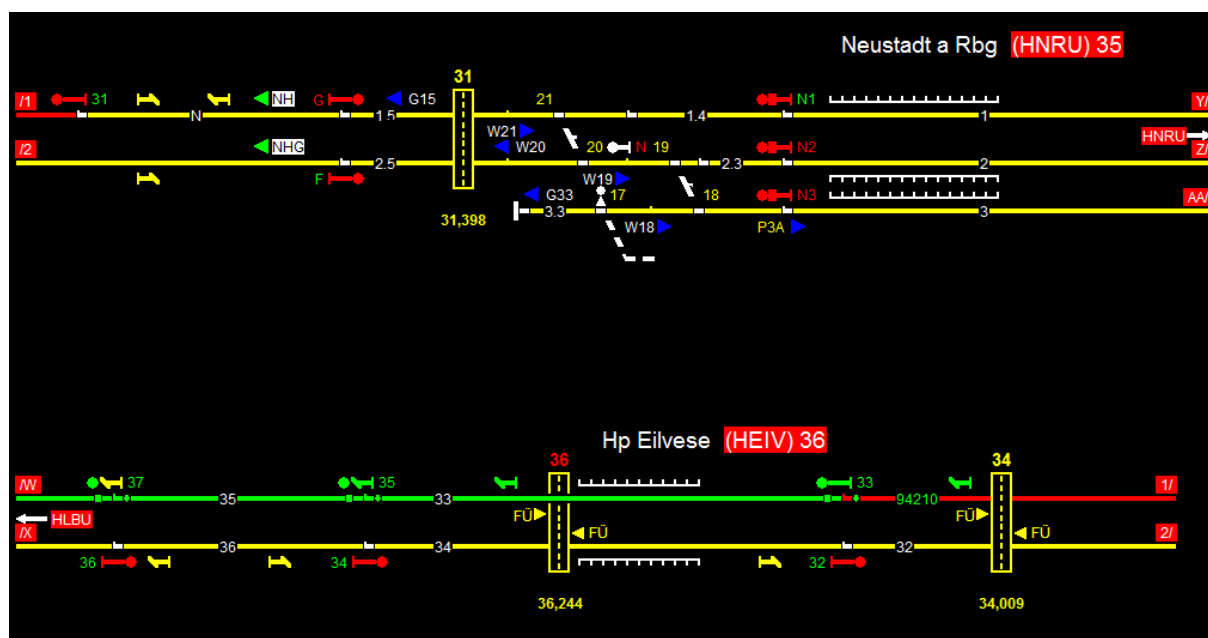


Abbildung 17 Beispiel des Bildbereichs eines Lupenbilds im elektronischen Stellwerk aus der Software ESTWsim, Verden-Süd

Die Tabellen 23 und 24 erläutern die wesentlichen, im Bildbereich des Lupenbilds in anderer Darstellung oder aber zusätzlich zu den Inhalten der Bereichsübersicht angezeigten Komponenten.

Tabelle 23 Signaldarstellungen des Ks-Systems im Bildbereich des Lupenbilds nach [DB98]



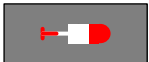

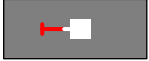
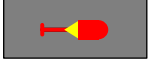
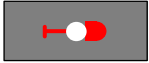
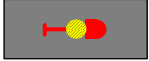
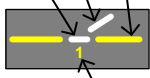


Nr.	Bezeichnung	Darstellungsvarianten mit Bedeutung	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
1	Hauptsignal	grün: Fahrt gelb: Halt erwarten rot: Halt grün/weiß: Kennlicht	statisch		ja
2	Hauptsignal mit Sperrsignal	grün: Fahrt gelb: Halt erwarten rot: Halt rot/weiß: Fahrverbot aufgehoben		 	
3	Alleinstehendes Vorsignal	grün: Fahrt gelb: Halt erwarten weiß: Kennlicht			
4	Sperrsignal	rot: Halt weiß: Kennlicht rot/weiß: Fahrverbot aufgehoben			
5	Zusatzsignal	rot/weiß: Ersatzsignal rot/gelb: Vorsichtsignal	statisch + blinkend an/aus	 	nein
		rot/gelb: Linksfahrersatzsignal			

Tabelle 24 Weichendarstellungen im Bildbereich des Lupenbilds nach [DB98]

Nr.	Bezeichnung	Darstellungsvarianten mit Bedeutung	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
1	Stellungsmelder	Farblich analog zur Bereichsübersicht: grün: in Zugstraße rot: besetzt blau: in Rangierstraße gelb: frei	statisch	 Bezeichnung dient als Flankenschutzüberwachungsmelder / Sperrmelder	ja
		grün/blau/gelb: Anzeige des Umlaufs der Weiche (Zugstraße/Rangierstraße/frei)	blinkend an/aus		
		rot/gelb: Auffahrmeldung (Weiche besetzt/frei)	blinkend an/aus beide Stellungsmelder		
2	Verschlussmelder (Weiche)	grün: in Zugstraße rot: besetzt blau: in Rangierstraße weiß: nicht in Fahrstraße und frei	statisch		ja
		weiß: Aufforderung zum Umstellen	blinkend an/aus		
3	Flankenschutzüberwachungsmelder	grün: aktiver Flankenschutz vorhanden, Flankenschutzraum frei gelb: sonstige (und damit Grundfarbe)	statisch		ja
4	Bezeichnung	Bezeichnung der Weiche, siehe Flankenschutzüberwachungsmelder / Sperrmelder	statisch		ja
5	Sperrmelder	gesperrt: Bezeichnung weiß, Feld rot hinterlegt gesperrt, Flankenschutz vorhanden, Flankenschutzraum frei: Bezeichnung grün, Feld rot hinterlegt	statisch		nein
6	Befahrbarkeitsperre	Mittelstrich in Gleisdarstellung: Sperrung gegen Befahren	statisch		nein

Entsprechend den Ausleuchtungen von Gleisabschnitten außerhalb der Weichen werden auch Stellungen- und Verschlussmelder farblich dargestellt. Auch hierbei handelt es sich um weitgehend statische Ausleuchtungen bzw. Anzeigen. Der Übergangszustand einer Weiche, beispielsweise der Umlauf von Weichenzungen, wird analog zur Bereichsübersicht blinkend dargestellt. Ebenfalls blinkend werden Elemente angezeigt, die eine manuelle Bedienung erfordern bzw. mit einer Störung einhergehen. Im Lupenbild ist dieses beispielsweise die Aufforderung zur Umstellung einer Weiche bzw. die Meldung eines erfolgten Auffahrvorgangs.

Tabelle 25 Sonstige, wesentliche Informationen zur Darstellung individueller Eigenschaften und weitere Anzeigekomponenten nach [DB98, HMR08]

Nr.	Bezeichnung	Darstellungsvarianten mit Bedeutung	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
1	Schlüsselsperre	SIÜM gelb, GIM gelb, VsM weiß, SIFM weiß: Grundstellung oder Schlüsselfreigabe zurückgenommen	statisch		nein
		SIÜM weiß, GIM rot, VsM weiß, SIFM rot: Schlüssel nach Freigabe entnommen, Gleis besetzt	statisch SIFM blinkend an/aus		
		SIÜM weiß, GIM rot, VsM weiß, SIFM rot: Schlüssel noch nicht entnommen, Gleis besetzt	statisch		
		SIÜM weiß, GIM gelb, VsM weiß, SIFM rot: Aufforderung zum Einschließen des Schlüssels, Weiche als Flankenschutz benötigt	statisch VsM blinkend an/aus		
		SIÜM gelb, GIM gelb, VsM grün, SIFM weiß: Weiche bietet Flankenschutz	statisch		
2	Grenze eines Freimeldeabschnitts	analog der angrenzenden Gleise mit der jeweiligen Belegung	statisch		ja
3	Verschlussmelder (Gleisabschnitt)	bei aktivem Verschluss analog der angrenzenden Gleise mit der jeweiligen Belegung, jedoch: weiß: Gleis nicht besetzt und nicht verschlossen	statisch		ja
4	Zielfestlegemelder	im Grundzustand nicht angezeigt grün: Zugstraße eingestellt bzw. nicht / noch nicht vollständig aufgelöst	statisch		ja
		grün: automatische D-Weg-Auflösung	blinkend an/aus		
5	Festlegeüberwachungsmelder	im Grundzustand nicht angezeigt grün: Zugstraße ist eingestellt, gesichert und frei Blinklicht: alle Fahrweegelemente verschlossen dunkel: Störung in befahrenem Element liegt vor	statisch		ja

Schlüsselsperren unterliegen ausschließlich manueller Bedienung. Eine Schlüsselsperre zeigt als Symbol, ähnlich der Weichendarstellung, durch unterschiedliche Teilsymbole mit den verschiedenen Farb- und Darstellungseigenschaften eine Vielzahl verschiedener Zustände an. Ein rot gekennzeichnete Schlüsselfreigabemelder beschreibt grundsätzlich einen freigegebenen bzw. entnommenen Schlüssel, während eine weiße Darstellung einen gesperrten Schlüssel anzeigt. Blinkende Darstellungen geben auch hier die Aufforderung zu einer manuellen

Bedienung wieder (VsM blinkend) oder aber einen Übergangszustand zwischen Freigabe und Entnahme eines Schlüssels (SIFM blinkend).

Als weitere Anzeigeparameter werden die Grenzen sämtlicher Freimeldeabschnitte dargestellt, welche im Wesentlichen zur Information über die Ausdehnung des Gleisabschnitts dienen, der bei einer eingestellten Fahrstraße für die zugehörige Fahrzeugbewegung gesperrt ist. Beim Zielfestlege- sowie Festlegeüberwachungsmelder handelt es sich um Anzeigeelemente, welche im Grundzustand nicht dargestellt werden. Diese werden nur am Fahrstraßenziel bzw. -start während einer eingestellten Zugstraße angezeigt²⁰.

5.4.2.2 Bedienmöglichkeiten im Bildbereich des Lupenbilds

Im Bildbereich des Lupenbilds ist, ebenso wie in der Bereichsübersicht, die Bedienung von Fahrstraßen und Einzelelementen möglich, verbunden mit jeweils gleichen Bedienhandlungen. Die Bedienungen der einzelnen Elemente im Lupenbild erfolgen ebenfalls mit Links- bzw. Rechtsklick (Bedienreflex). Die Inhalte des Abschnitts 5.4.1.2 sind damit im Wesentlichen auf den Bildbereich eines Lupenbilds übertragbar.

Zusätzlich zur Bedienung der reinen Infrastrukturelemente bieten sich über den Bildbereich des Lupenbilds die folgenden Möglichkeiten:

- Bedienung von Nahbedienbereichen
- Bedienung von Merkhinweisen

Die Bedienung von Nahbedienbereichen bzw. Merkhinweisen kann ebenfalls per Bedienreflex auf das zugehörige Element erfolgen. Merkhinweise können dabei aus einem aufblendenden Dialogfenster ausgewählt werden. Die Eingabe von Merkhinweisen geht stets mit dem Setzen einer Befahrbarkeitssperre einher [JON01]²¹.

5.4.2.3 Bedienmöglichkeiten in den Bedienfunktionen des Lupenbilds

Analog zu den Bedienmöglichkeiten im Bildbereich des Lupenbilds entsprechen auch die Bedienungen in den Bedienfunktionen des Lupenbilds weitgehend denen aus der Bereichsübersicht. Anstatt der Funktion „Grundstellen“ ist allerdings im Lupenbild die Funktion „Quittieren“ vorgesehen. Diese dient zum Quittieren von Störungen und ist nach Auftreten einer Störung als Bestätigung im Lupenbild zu betätigen. Daraufhin verändert sich die Ausleuchtung des Störmelders (von blinkend an/aus zu leuchtend), außerdem verstummt der zuvor ausgegebene Warnton des Akustikmelders [DB01].

²⁰ Während ein Verschlussmelder Informationen über den Verschluss eines einzelnen Gleisabschnitts darstellt, zeigt der Festlegeüberwachungsmelder den Verschluss aller Elemente des Fahrwegs sowie ein Freisein des Fahrwegs an. Der Zielfestlegemelder beschreibt den Verschluss mindestens eines Elementes der Zugstraße sowie den Ablauf der Auflösung des D-Weges hinter dem Zielsignal [JON01].

²¹ Merkhinweise werden nicht am betroffenen Element sondern am benachbarten Zugnummernmeldefeld angezeigt. Sie werden dementsprechend auch als „versteckte“ Merkhinweise bezeichnet. Das betroffene Element verbleibt lediglich mit der Befahrbarkeitssperre versehen.

Verarbeiten	KF 1	Quittieren	Rücknehmen	Abbrechen
KF 2				

Abbildung 18 Bedienfunktionen im Lupenbild-Bedienbereich nach [DB01]

5.4.2.4 Anzeigeinformationen in Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen im Lupenbild

Auch die Anzeigeinformationen in Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen im Lupenbild beschreiben teilweise die gleichen Informationen wie in der Bereichsübersicht. Aktuell vorherrschende Störungen, in der Bereichsübersicht in der Zeile „BSA“ dargestellt, werden im Lupenbild jedoch bahnhofsweise und bei Bedarf mehrzeilig als Sammelmelder angezeigt (ein Bahnhof pro Bildschirmzeile). Die Betriebs- und Störanzeige im Lupenbild ist mit dem Namens-kürzel des Bahnhofs (in Abbildung 19: Zeile „ABC“) am Zeilenanfang gekennzeichnet²². Die Zeile ZW beschreibt die Menge der durchgeführten zählpflichtigen Bedienhandlungen pro Unterzentrale mittels einer Zahl, welche unter Ausführung einer Bedienhandlung kontinuierlich hochgezählt wird. In Tabelle 26 werden die ausschließlich im Lupenbild vorhandenen Anzeigen mit ihrer jeweiligen Art der Darstellung und Anzeigebeispielen zusammenfassend beschrieben. Darin nicht aufgeführte Anzeigekomponenten sind in gleicher Weise in der Bereichsübersicht gegeben und in Abschnitt 5.4.1.4, Tabelle 22 erläutert. Die Anzeigeelemente mit ihrer Kennzeichnung in den Tabellen 22 bzw. 26 sind in Abbildung 19 entsprechend nummeriert.

Abbildung 19 Eingabe-Kontrollmelder und sonstige Anzeigen des Lupenbilds nach [DB98, DB01, JON01]

²² Eine ähnliche Darstellung bietet das Sammelmelderbild (SM-Bild), welches über das Dialogmonitorfenster aufgeschaltet werden kann und sich im Wesentlichen ebenfalls aus einer bahnhofsbezogenen und zeilenweisen Anzeige für Betriebs- und Störmelder zusammensetzt [DB01].

Tabelle 26 Beschreibung von nicht in der Bereichsübersicht vorkommenden Angaben in Eingabe-Kontrollmelder und sonstigen Anzeigen des Lupenbilds nach [DB01]

Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Art der Darstellung	Beispiel
4	Betriebs- und Störanzeige (Darstellung bahnhofsweise)	Bahnhöfe in der Lupendarstellung	Text in Großbuchstaben, statisch	MSTR
		Aktuelle vorherrschende Störungen als Sammelmelder	Text in Großbuchstaben, je nach Melder statisch, blinkend (an/aus), besondere Farbmarkierung	AW
5	Eingabe-Kontrollanzeige	Zeile ZW: Anzahl der durchgeführten, zählpflichtigen Bedienungen pro UZ	Zahl, statisch	0020
7	Lupen-Bezeichnung	Bezeichnung der Lupe	Großbuchstaben/Zahlen, beständig	LUPE2

5.4.3 Darstellung sonstiger Informationen

In den folgenden Abschnitten werden die weiteren Bildschirmansichten des elektronischen Stellwerks der Unterbauform EI S – Dialogmonitorfenster, Kommunikationsanzeige, Dokumentation und Gleisbenutzungstabelle – in knapper Zusammenfassung nach [DB01, DB01-2] beschrieben.

5.4.3.1 Dialogmonitorfenster

Das Dialogmonitorfenster bleibt während der Nutzung des Bedienplatzes kontinuierlich aufgeschaltet und besteht im Wesentlichen aus den einzelnen Obermenüs „Dialogmonitor“, „Bildaufschaltung“ sowie „Berechtigungen“.

Über das Menü „Dialogmonitor“ lässt sich u.a. die An- bzw. Abmeldung des Fahrdienstleiters am Arbeitsplatz durchführen sowie die Erweiterung des Zuständigkeitsbereichs durch die Übernahme weiterer Lupenbilder. Das Menü „Bildaufschaltung“ kann zum Aufschalten von Bereichsübersicht, Lupenbild, Kommunikationsanzeige, Dokumentation, Sammelmelderbild sowie Gleisbenutzungstabelle auf einen Monitor des Bedienplatzes genutzt werden und hat damit auch während der Betriebsdurchführung eine wesentliche Bedeutung. Im Menü „Berechtigungen“ lassen sich Bedienerdaten sowie die Vergabe von Berechtigungen bearbeiten [DB01-2].

5.4.3.2 Kommunikationsanzeige

Die Kommunikationsanzeige (KA) besteht aus den aufblendbaren Ansichten „KA 1“ und „KA 2“ sowie einem Fenster „Betriebsstatus“.

Die Anzeigebereiche von KA 1 und KA 2 stellen mit dem Protokoll- und Störungsinformationsspiegel (PSI-Spiegel) Informationen zu sämtlichen Meldungen (Störungen bzw. Entstörungen)

dar. Eine Protokollfunktion bietet die Möglichkeit einer Rückschau auf vergangene Ereignisse. Während im PSI-Spiegel der KA 1 alle Meldungen der zugehörigen ESTW-Z/-UZ erfasst sind, konzentriert sich die KA 2 auf Störungsmeldungen, welche sich im unmittelbaren Zuständigkeitsbereich des Fahrdienstleiters befinden [DB01-2, JON01].

Über die Menüleisten der KA 1 sowie KA 2 können ausgewählte Informationen über den Protokoll- und Störungsdrucker gedruckt werden, des Weiteren kann die Eingabe von Merktexen erfolgen. Dabei ist es möglich, Texte selbst einzugeben oder auf vordefinierte Texte zurückzugreifen. Hierfür sind sieben verschiedene Merktexen, wie „Betra in Kraft“ oder „Gleis für LÜ B nicht befahrbar“, selektierbar. Verspätungsbegründungen können ebenfalls hinterlegt werden.

Das Fenster „Betriebsstatus“ gibt detaillierte Informationen zum Funktionsstatus (betriebsbereit / ändernd / gestört) aller im Überwachungsbereich vorhandenen Rechner und Schnittstellen.

5.4.3.3 Dokumentation

Das Dokumentationssystem dient im Wesentlichen zur Speicherung von Informationen zu zählpflichtigen und dokumentationspflichtigen Bedienhandlungen, Fehler- bzw. Störungsmeldungen und Meldungen der Zugnummernmeldeanlage. Das System ermöglicht, die unter Aktivierung eines Online-Drucks kontinuierlich automatisch gespeicherten Informationen einzusehen. Gespeicherte Datensätze lassen sich u.a. in Komplettform, durch Treffen einer Auswahl, unter Eingabe eines Suchbegriffs oder durch Vorgabe einer Zeitspanne des Auftretens der Situationen gefiltert anzeigen [DB01-2].

5.4.3.4 Gleisbenutzungstabelle

Bei der Gleisbenutzungstabelle handelt es sich – im Gegensatz zu den meisten anderen Ansichten, welche nicht unmittelbar die Gleisinfrastruktur mit der Belegung im Ist-Zustand wiedergeben – um eine Darstellung, deren Bedienung sich direkt auf den Fahrbetrieb auswirken kann. Die Gleisbenutzungstabelle kann zur Erfassung, Veränderung sowie Löschung von Zuglenkdaten genutzt werden und stellt die Bedienoberfläche der Zuglenkung dar. Der Zuglenkplan beschreibt zugbezogene Vorgaben zum automatisierten Betrieb (siehe auch Abschnitt 4.2.2.3). Durch manuelle Eingriffe lassen sich u.a. Angaben zur Nutzung einer Fahrstraße durch eine bestimmte Zugfahrt, Fahrplanzeiten von Zügen sowie Vorgaben in der Zugreihenfolge anpassen. Grundsätzlich sind Modifikationen der Zuglenkdaten sowohl im tagesaktuellen Fahrplan als auch im Periodenfahrplan ausführbar [HKL05, JAC03].

Alternativen zur Änderung von Zuglenkdaten bei betrieblichen Unregelmäßigkeiten

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten erwähnt, bieten sich nach [DB01] alternativ zur Änderung von Angaben in den Zuglenkdaten die folgenden Möglichkeiten mittels Bereichsübersicht bzw. Lupenbild:

- Ein- bzw. Ausschalten der Zuglenkung am Signal / eines signalbezogenen Dispositionshaltes (Bedienung über Bedienreflex am Hauptsignal)
- Ein- bzw. Ausschalten der Zuglenkung für die Signale eines Bahnhofs bzw. des Bereichs (Bedienung über Bedienreflex an der Bezeichnung eines Bahnhofs / Bereichs)

Damit lassen sich Abweichungen von der Zuglenkung für Züge an einem bestimmten Signal bzw. an allen Signalen eines definierten Bereichs berücksichtigen. In diesem Fall wird die Zuglenkung nicht geändert sondern überbrückt. Dies bedeutet, dass für die Durchführung von Zugfahrten manuelle Bedienhandlungen wie das händische Einstellen von Fahrstraßen am betreffenden Signal bzw. im entsprechenden Bereich erforderlich sind.

Details zur Bedienung und zum Aufbau der Gleisbenutzungstabelle werden an dieser Stelle, sowohl aus Komplexitätsgründen als auch aufgrund der Tatsache, dass die Änderung von Zuglenkdaten in vielen Fällen nicht notwendig erscheint, nicht näher beschrieben. Anstelle von Modifikationen der Tabelle können Änderungswünsche oftmals einfacher durch Bedienhandlungen in Bereichsübersicht bzw. Lupenbild ersetzt werden.

5.4.4 Zusammenfassung zur Benachrichtigung bei vorliegenden technischen Unregelmäßigkeiten über die Anzeigen am Bedienplatz

Das Vorliegen einer technischen Unregelmäßigkeit kann dem Fahrdienstleiter im elektronischen Stellwerk über verschiedene, optische Anzeigen und einem akustischen Signal übermittelt werden. Die Art der optischen Übermittlung hängt im Wesentlichen davon ab, ob es sich um eine Unregelmäßigkeit an einer Außenanlage, an den Bedien- bzw. Anzeigeeinrichtungen oder an einer Innenanlage handelt. Das akustische Signal verstummt im Regelfall nach Quittierung der Störung, wobei die optische Anzeige bis zur Beseitigung der Störung bestehen bleibt.

Die Betriebs- und Störanzeigen stellen mit der Angabe von Sammelmeldern die wesentliche Quelle zur Übermittlung von Unregelmäßigkeiten dar und können auf technische Störungen an Außenanlagen, Bedien- und Anzeigeeinrichtungen sowie an den Innenanlagen hinweisen. Störungen an Außenanlagen, wie den technischen Einrichtungen der Infrastruktur, werden im Regelfall außerdem in der jeweiligen Ansicht des Bedienbereichs durch eine Ausleuchtung des betroffenen Elements dargestellt. Die Tabellen 27 und 28 fassen die wesentlichen Varianten der Meldung technischer Unregelmäßigkeiten an den Fahrdienstleiter zusammen.

Tabelle 27 Wesentliche Arten der Übermittlung vorliegender technischer Unregelmäßigkeiten der Außenanlagen nach [DB98, DB01]

Anzeige an den Bildschirmen des Bedienplatzes	Anzeigezeitpunkt	Ort der optischen Anzeige	
		Bereichsübersicht	Lupenbild
Element besitzt entsprechende Ausleuchtung (Anzeige entspricht nicht den regulären Ausleuchtungen, in vielen Fällen rot blinkend – *sofern Element auf Darstellung vorhanden)	Anzeige unabhängig einer Bedienhandlung, also bei direktem Auftreten einer Störung am Element	(x)*	x
Eintrag in Betriebs- und Störanzeige		x	x
Eintrag in Bildbereich der Kommunikationsanzeige		-	-
Eintrag in Sammelmelderbild (Dialogmonitorfenster)		-	-
Anzeige der Bezeichnung des Lupenbilds mit dem gestörten Element		x	-
Akustische Benachrichtigung		nicht optisch	nicht optisch
Anzeige in VQ-Zeile	Nach Anstoß einer Bedienhandlung, die aufgrund eines Fehlers nicht umsetzbar ist	x	x

Tabelle 28 Wesentliche Arten der Übermittlung vorliegender technischer Unregelmäßigkeiten an den Bedien- und Anzeigeeinrichtungen sowie den Innenanlagen nach [DB98, DB01]

Anzeige an den Bildschirmen des Bedienplatzes	Anzeigezeitpunkt	Ort der optischen Anzeige	
		Bereichsübersicht	Lupenbild
Eintrag in Betriebs- und Störanzeige	Anzeige unabhängig einer Bedienhandlung, also bei direktem Auftreten einer Störung	x	x
Eintrag in Bildbereich der Kommunikationsanzeige		-	-
Eintrag in Sammelmelderbild (Dialogmonitorfenster)		-	-
Akustische Benachrichtigung		nicht optisch	nicht optisch
Anzeige in VQ-Zeile	Nach Anstoß einer Bedienhandlung, die aufgrund eines Fehlers nicht umsetzbar ist	x	x
bei Störungen in den Anzeigen: - Unregelmäßigkeit bzw. Fehler im Aktualitätsmelder - Ungleichmäßiges Blinken oder Farbfehler im Monitorkontrollmelder - Gesamter Gleisbereich oder Teil davon blinkend	Anzeige unabhängig einer Bedienhandlung, also bei direktem Auftreten einer Störung	x	x

5.4.5 Telekommunikation zwischen Fahr- und Stellwerkspersonal

Ein direkter (persönlicher Sicht-) Kontakt zwischen Fahr- und Stellwerkspersonal ist beim elektronischen Stellwerk nicht vorgesehen und normalerweise auch nicht möglich. Eine Kom-

munikation zwischen dem Stellwerkspersonal und Personen außerhalb des Stellwerksbedienplatzes kann meist nur mittels Funk bzw. Telekommunikation erfolgen. Dieser kommt insbesondere zwischen Fahrdienstleiter und Triebfahrzeugführer eine besondere Bedeutung zu, weil sich der Triebfahrzeugführer einer Zugfahrt ausschließlich nach der Erteilung von Fahrterlaubnissen durch den Fahrdienstleiter zu richten hat. Der Fahrdienstleiter hingegen hat den ordnungsgemäß stattfindenden Betrieb und damit die Handlungen des Triebfahrzeugführers zu überwachen. Beim Auftreten einer Unregelmäßigkeit ist im Normalfall eine mündliche Kommunikation zur Absprache, wie mit der Situation umzugehen ist, erforderlich.

5.4.5.1 Unregelmäßigkeiten ohne Anzeige im Stellwerk

Nicht alle Unregelmäßigkeiten werden technisch erfasst und dem Bediener im Stellwerk über Anzeigen bzw. akustische Signale übermittelt. In diesem Fall sind die Situationen durch das Personal unmittelbar zu identifizieren. Eine derartige Unregelmäßigkeit stellt beispielsweise der Defekt an einem Triebfahrzeug dar, welcher auftritt, während die zugehörige Zugfahrt fahrlängemäßig aus einem Bahnhof ausfahren soll. Sofern die Ausfahrstraße schon vom Fahrdienstleiter eingestellt worden ist (oder durch Zuglenkung umgesetzt wurde), wird der Triebfahrzeugführer sein Problem dem Fahrdienstleiter telefonisch mitteilen. Dieser kann daraufhin Hilfsmaßnahmen zum Austausch des Triebfahrzeugs einleiten und die zugehörigen Fahrstraßen zurücknehmen, um andere Zugfahrten möglichst fahrlängemäßig realisieren zu können.

Des Weiteren verlangt eine Vielzahl sonstiger Arten von Unregelmäßigkeiten, insbesondere auf Basis höherer Gewalt, eine kurzfristige mündliche Kommunikation zwischen Triebfahrzeugführer und zugehörigem Stellwerkspersonal. So sind beispielsweise Böschungsbrände, umgestürzte Bäume und spielende Kinder im Gleisbereich dem Fahrdienstleiter unmittelbar zu melden, damit dieser Maßnahmen treffen kann. Diese Maßnahmen können beispielsweise die Behebung der Ursache, eine Sperrung des betroffenen Gleises oder das Erteilen von Fahrterlaubnissen unter geringerer Geschwindigkeit umfassen.

Auch einfache Anfragen eines Triebfahrzeugführers ohne das Vorhandensein einer gefährlichen Situation, wie das Erkundigen nach dem Grund für ein außerplanmäßig langes Verweilen vor einem haltzeigenden Signal, erfolgt ausschließlich über Telekommunikation. Zusammengefasst bildet die Telekommunikation zwischen Fahr- und Stellwerkspersonal eine wichtige Möglichkeit der Übertragung von Informationen zum Betriebsgeschehen.

5.4.5.2 Aufbau der Telekommunikationsverbindung zum Fahrpersonal

Das GSM-R-System hat bereits in weiten Teilen des Netzes der Deutschen Bahn den analogen Zugfunk abgelöst. Dabei kommen Kommunikationsgeräte unterschiedlicher Bauformen zum Einsatz [DB08, 0205]. Die Anbindung des Fahrdienstleiterarbeitsplatzes an das digitale GSM-R-Netz kann beispielsweise über ein Endgerät „GSM-R-Fernsprecher ortsfest“ (GeFo) gewährleistet werden [MUE06], oder auch über die Integration des bereits zuvor eingesetzten bildschirmgestützten Telekommunikationssystems TKA 2002 in das GSM-R-System [HOE09, JON01].

Der Aufbau einer Telekommunikationsverbindung vom Stellwerkspersonal zu einem Triebfahrzeugführer kann unter Eingabe einer „funktionalen Rufnummer“ erfolgen. Diese enthält neben der Verbindungsart und der Zugnummer einen Funktionscode in Form einer einzelnen Ziffer. Der Funktionscode beinhaltet die Information, ob als Gesprächspartner der Triebfahrzeugführer oder der Zugführer des gewählten Zuges gerufen werden soll [DB04; DB08, 0205].

Im Zugfunk werden vier Arten von Verbindungen unterschieden. Diese variieren in der Anzahl der Teilnehmer, in ihrer Priorität und in der angewandten Sprechweise. Beim Gegensprechen ist zeitgleiches Sprechen und Hören der Verbindungsteilnehmer möglich, wobei beim Wechselsprechen immer nur ein Teilnehmer sprechen kann, während der bzw. die anderen Gesprächsteilnehmer zuhören. Tabelle 29 fasst die Verbindungsarten mit ihren Eigenschaften zusammen.

Tabelle 29 Verbindungsarten im GSM-R-Zugfunk nach [DB08, 0205]

Art der Verbindung	Teilnehmer	Sprechweise
Einzelverbindung	zwei	Gegensprechen
Konferenzverbindung	mehrere Teilnehmer durch Zusammenschalten von Einzelverbindungen	Gegensprechen
Gruppenverbindung	mehrere Teilnehmer innerhalb eines festgelegten Gruppenrufbereichs	Wechselsprechen
Notrufverbindung	Gruppenverbindung höchster Priorität	Wechselsprechen

Ein wesentlicher Vorteil einer Gruppenverbindung besteht darin, dass mehrere Teilnehmer zeitgleich und damit ohne Zeitverlust angerufen werden können. Dafür werden diese in kodierten Gruppenrufbereichen zusammengefasst. Neben der manuellen Anwahl von Rufnummern können auch Direktwahltasten Anwendung finden [DB04].

6 Untersuchung des Situationsbewusstseins am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters

Eine Untersuchung des Situationsbewusstseins kann das im Abschnitt 3.2 beschriebene Verfahren ergänzen und die repräsentative Berücksichtigung von überwachenden Tätigkeiten zur Beurteilung der Beanspruchung eines Fahrdienstleiters ermöglichen.

6.1 Grundsätzliche Möglichkeiten zur Erfassung des Situationsbewusstseins

Es existieren drei wesentliche Varianten zur Erfassung des Situationsbewusstseins. In allen drei Varianten bietet sich die Möglichkeit, das Situationsbewusstsein über Simulationen zu bestimmen. Bei der zweiten und dritten Variante ist außerdem denkbar, das Situationsbewusstsein im laufenden Betrieb zu erfassen. Dieses wird dadurch möglich, dass ein zugehöriger Betriebsablauf für die eigentliche Erfassung des Situationsbewusstseins nicht unterbrochen werden muss. Eine umfassende Übersicht zu den verschiedenen Erfassungsvarianten ergibt die Analyse verschiedener Veröffentlichungen wie von Rauch [RAU09], Balfe [BAL10] und Golightly et al. [GBS12]:

- (1) Untersuchung des Situationsbewusstseins über das „Einfrieren“ einer ausgeführten Simulation (subjektive + objektive Kenntnisse erfassbar)
 - Der Begriff des Einfrierens umfasst die Unterbrechung einer Simulation in Form eines Übergangs in ein Standbild oder aber einer Dunkelschaltung der Simulationsansicht.
 - Nach dem Einfrieren sind Fragen zur unmittelbar zuvor gegebenen Situation zu beantworten.
 - Beispielmethode:
Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) [END00]
- (2) Untersuchung des Situationsbewusstseins ausschließlich über die Selbsteinschätzung von Bedienern bzw. Probanden mittels Rating-Skalen (subjektive Kenntnisse erfassbar)
 - Es sind Fragen zur Selbsteinschätzung zu beantworten.
 - Die Beantwortung von Fragen kann im Anschluss erfolgen, alternativ auch während der Simulation, wobei die Fragen durch Ankreuzen von Skalenwerten zu beantworten sind.
 - Die Abfrage über Skalen ist nicht mit der Abfrage von Fakten zur Simulation verbunden und stellt eine ausschließliche Erfassung des subjektiven Empfindens von Bedienern bzw. Probanden dar.
 - Beispielmethode: Situation Awareness Rating Technique (SART) [TAY90]

(3) Untersuchung des Situationsbewusstseins während der Simulation (subjektive + objektive Kenntnisse erfassbar)

- Die Beantwortung von Fragen zur Situation erfolgt während der Simulation.
- Die Auswertung findet z.B. durch Betrachtung der zum Beantworten von Fragen benötigten Zeitdauer statt [BAL10].
- Beispielmethode: Situation Present Assessment Measure (SPAM) [DD04]

Zur Untersuchung des Situationsbewusstseins am Arbeitsplatz eines Bedieners im Stellwerk existieren bisher kaum umfassende Veröffentlichungen. Viele Beiträge der letzten Jahre zu dieser Thematik konzentrieren sich eher auf das Aufzeigen eines Forschungsbedarfs bzw. ganz grundsätzlich auf die Wichtigkeit eines ausreichenden Situationsbewusstseins unter zunehmender Automatisierung. Dieses wird u.a. von Balfe et al. [BWS12] und Pickup et al. [PBL13] beschrieben. Von Balfe [BAL10] ist auch ein Fragebogen zur Erfassung des Situationsbewusstseins nach SAGAT erläutert worden. Dieser umfasst jedoch nur zwei Fragen, konzentriert sich nur auf einen sehr kleinen Teil der relevanten Eigenschaften einer vorherrschenden Situation und lässt zudem Schwächen in der geforderten Art der Beantwortung erkennen. Dieses wird auch im Abschnitt 6.6.4 beschrieben. Ein Vergleich der Anwendbarkeit verschiedener grundsätzlicher Methoden zur Erfassung des Situationsbewusstseins wird speziell für den Arbeitsplatz eines Bedieners im Stellwerk von Golightly et al. [GBS12] erläutert. Eine wesentliche Aussage, die Untersuchung des Situationsbewusstseins über das Einfrieren einer Situation sei für den Bedienplatz im Stellwerk nicht aussagekräftig, weil die Gedächtnisleistung hierbei einen ungerechtfertigt hohen Einfluss ausmachen würde, bleibt unzureichend begründet und könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Komplexität der Betriebsdurchführung von den Autoren in nicht ausreichendem Maße betrachtet worden ist. Als Ansatz für weitere Untersuchungen kann die dort getroffene Aussage angesehen werden, dass die Art der Aufgabe beeinflusse, ob deren Ausführung eher von einer Gedächtnisleistung oder aber von der unmittelbaren Erkennung einer Situation ausgeht.

Im Rahmen der Entwicklung einer Untersuchungsmethode für den Arbeitsplatz eines Bedieners im Stellwerk lässt sich anhand der vorhandenen Literatur nicht unmittelbar beantworten, welche der beschriebenen drei Varianten sich vorrangig zur Untersuchung für einen Fahrdienstleiterarbeitsplatz im elektronischen Stellwerk eignet. Die Analyse von Literatur zeigt die grundsätzlichen Möglichkeiten zur Erfassung des Situationsbewusstseins auf, eine Anwendung der Methoden im Eisenbahnwesen ist bisher nur in allerersten Ansätzen unter im Wesentlichen arbeitspsychologischem Schwerpunkt erfolgt.

6.2 Wahl einer Variante zur Erfassung des Situationsbewusstseins

Simulationen ohne Einfrieren und Dunkelschaltung ermöglichen dem Probanden, sich erst im Moment der Fragestellung mit der Situation auseinanderzusetzen. Die Merkfähigkeit des Probanden beeinflusst damit nicht die Ergebnisse. Dieses wird beispielsweise von Balfe [BAL10] als grundsätzlicher Vorteil im Vergleich zu den anderen beiden Untersuchungsvarianten (vgl. Abschnitt 6.1) beschrieben.

Ein Bedienplatz im Stellwerk ist jedoch von einer häufigen Änderung der (Infrastrukturbelegungs-) Zustände geprägt. Diese müssen vom Bediener bzw. Probanden mental verarbeitet werden, um notwendige Eingriffsmöglichkeiten zu erkennen. Der Vorgang wird dadurch erschwert, dass (im Gegensatz zu bestimmten technischen Störungen) hier kein auffordernder Hinweis die gezielte Aufmerksamkeit weckt. Während einer Untersuchung ohne Einfrieren bzw. Dunkelschaltung stellt hingegen der Beginn des Fragens einen Impuls dar, die aktuelle Situation zu erfassen.

Insbesondere bei stark ausgedehnten Bedienbereichen, welche sich nicht auf Anhieb vollständig mit ihren betrieblichen Situationen überblicken lassen, ist zu erwarten, dass auch die Merkfähigkeit eines Stellwerksbedieners als Teil des Situationsbewusstseins eine Rolle spielen kann. Dieses ist beispielsweise dann der Fall, wenn ein Stellwerksbediener anhand der Betriebslage bemerkt, dass zu einem bestimmten zukünftigen Zeitpunkt eine aktive Handlung auszuführen ist. Unter dieser Kenntnis kann er zum jeweiligen Zeitpunkt entsprechend handeln und unter Nutzung seiner Merkfähigkeit über ein stärkeres Wissen bzw. Situationsbewusstsein verfügen als bei kurzfristiger Betrachtung seines Bedienbereichs.

Inwiefern die Vornahme einer subjektiven Einschätzung sinnvoll ist, hängt grundsätzlich von der zu untersuchenden Fragestellung ab. Eine ausschließliche Erfassung der subjektiven Einschätzung wird nicht als zielführend erachtet, weil das tatsächlich vorhandene Situationsbewusstsein nicht nur von der Selbsteinschätzung, jedoch maßgeblich aus den präsenten Fakten zur Situation abhängt. Außerdem bietet die unmittelbare Abfrage von Fakten zur Situation eine bessere Möglichkeit, den Einfluss bestimmter Anzeigeelemente auf das Situationsbewusstsein näher zu analysieren.

Zusammengefasst bietet es sich an, eine Untersuchung des Situationsbewusstseins über die Methode des Einfrierens von Simulationen und anschließender Abfrage auszuführen. Eine wesentliche Anwendung dieser Variante der Untersuchung ist die Methode der Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) nach Endsley [END00]. Die Beschreibung der Methode konzentriert sich auf die Auswertung von Simulationen. In verschiedenen Veröffentlichungen wird die SAGAT-Methode als am weitesten verbreitete und bevorzugt angewandte Methode zur Bewertung des Situationsbewusstseins beschrieben [RAU09, REM08, GBS12].

Im Folgenden wird zunächst die SAGAT-Methode mit den zugehörigen Schritten der Planung, Durchführung und Auswertung eines Simulationsexperiments näher erläutert. In diesem Zusammenhang wird außerdem beschrieben, inwiefern eine Übertragung von Ergebnissen aus Untersuchungen anderer Arbeitsplätze, wie dem eines Fluglotsen, auf den Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters nicht als zielführend angesehen werden kann. Unter Berücksichtigung der Wichtigkeit des Situationsbewusstseins bei der Steuerung des Bahnbetriebs und auf Basis der Problemstellung dieser Dissertation wird im Weiteren die Herleitung und Ausführung einer mittels Simulatorstudien untersuchten Fragestellung beschrieben.

6.3 Erläuterung der SAGAT-Methode

Die Ausführung der SAGAT-Methode umfasst die Auswertung eines Simulationsexperiments über die Beantwortung eines speziellen Fragebogens durch die das Experiment ausführenden Probanden. Die Anzahl korrekt gegebener Antworten wird zur Beurteilung des Situationsbewusstseins genutzt. Die Methode wurde zunächst zur Untersuchung verschiedener Studien mit unterschiedlichen Fragestellungen im Bereich der Luftfahrt angewandt [END00].

6.3.1 Grundlagen zur Entwicklung eines Fragebogens

Als Vorbereitung für die Anwendung der Methode sind neben der Modellierung eines Simulationsexperiments zunächst Fragen unter Berücksichtigung aller drei Ebenen des Situationsbewusstseins (siehe Abschnitt 2.2.1, Tabelle 7) zu entwickeln. Die Fragen sollen sich auf Eigenschaften von Situationen im Simulationsexperiment beziehen und verschiedene Schwierigkeitsgrade besitzen. Sie sollen außerdem möglichst einfach formuliert und eindeutig verständlich sein. Auch die Beantwortung der Fragen soll auf einfache Art möglich sein, beispielsweise per Mausklick bzw. über vorgegebene Antwortmöglichkeiten. Aus den einzelnen Fragen werden Fragebögen erstellt, welche sich aus einer beliebigen Auswahl der Fragen zusammensetzen. Um Reihenfolgeeffekte in der Beantwortung zu vermeiden, wird von Endsley eine zufällige Anordnung der Fragen auf dem Fragebogen empfohlen.

Vor der Entwicklung der Fragen ist zu erarbeiten, welche Kenntnisse von Informationen am Arbeitsplatz eine besondere Bedeutung haben. Dieses kann über eine Analyse der Aufgaben erfolgen. Die Analyse kann die Zusammenstellung von Faktoren umfassen, welche einem Bediener bekannt sein müssen, damit dieser eine Aufgabe korrekt ausführen kann. In einem späteren Schritt kann die Zuordnung einer Ebene des Situationsbewusstseins zu den Faktoren bzw. den Aufgaben erfolgen. Von Endsley ist dieses beispielhaft für den Fluglotsen beschrieben worden [END00, ER94].

6.3.2 Anwendung des Fragebogens in der Simulatorstudie

Eine Simulation kann die Anzeige eines vollständig automatisierten Betriebs umfassen und zu einem Zeitpunkt abbrechen, der dem Probanden unbekannt ist. Daraufhin kann dieser die Beantwortung des Fragebogens vornehmen. Dieses wird unter Ausblendung der Simulation (z.B. Abdecken der Simulationsbildschirme) durchgeführt, so dass der Proband ausschließlich aus seinem Gedächtnis die Fragen beantworten muss. Die Beantwortung der Fragen hat innerhalb einer bestimmten Zeitspanne zu erfolgen, wobei alle Fragen beantwortet werden sollen. Als Vorbereitung wird empfohlen, drei bis fünf Durchläufe durchzuführen, die aus einer Simulation und einer Beantwortung von Fragen bestehen, um den Probanden sowohl mit der Simulation als auch mit dem Fragebogen vertraut zu machen [END00]. Die eigentliche Simulatorstudie kann sich ebenfalls aus mehreren aufeinanderfolgenden Durchläufen zusammensetzen.

6.4 Problematik der Übertragbarkeit von Fakten anderer Untersuchungen zur Vorbereitung einer Simulatorstudie am Beispiel des Fluglotsen

Insbesondere die Herleitung von Fragen zum Situationsbewusstsein am Arbeitsplatz des Fluglotsen im Zusammenhang mit der SAGAT-Methode ist von Endsley und Rodgers [ER94] sehr ausführlich beschrieben worden. Grundsätzlich weist der Arbeitsplatz einige Ähnlichkeiten zum Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters auf. Es handelt es sich in beiden Fällen nicht nur um Arbeitsplätze zur Steuerung des Verkehrs, sondern auch um solche, bei denen die historische Entwicklung die Steuerung größerer Bedienbereiche mit einem im Regelbetrieb hohem Automatisierungsgrad ermöglicht. Dies führt zu der Frage, inwiefern es möglich ist, Ergebnisse von Untersuchungen zum Arbeitsplatz des Fluglotsen auf den Fahrdienstleiter zu übertragen.

6.4.1 Systembedingte Einflussfaktoren zum Treffen von Entscheidungen

Im Flugbetrieb kommt bestimmten Parametern eine andere Bedeutung als im Bahnbetrieb zu. Bei vielen Entscheidungen sind aber auch Faktoren zu berücksichtigen, die im Bahnbetrieb überhaupt keine Relevanz besitzen. Ein Beispiel dafür ist nach [ER94] die Windrichtung, welche den Flugbetrieb und damit auch das Treffen bestimmter Entscheidungen der Fluglotsen maßgebend bestimmen kann. Für den Eisenbahnverkehr kann diese als unbedeutend angesehen werden. Umgekehrt können im Bahnbetrieb Einflussgrößen zum Tragen kommen, welche im Flugbetrieb keine Rolle spielen. Die Betrachtung der Aufgabenanalyse für den Fluglotsen nach Endsley [ER94] lässt als wesentlichen Grund für die Unterschiedlichkeit der Einflussfaktoren die banale Ursache identifizieren, dass der Flugverkehr in der Luft, der Eisenbahnverkehr hingegen am Boden stattfindet. Im Flugverkehr existieren durch die räumliche Freiheit von Flugbewegungen andere Einflussgrößen mit anderen Konfliktpotentialen. Im Eisenbahnbetrieb ist die vertikale Komponente unbedeutend, da diese nicht variabel ist. Auch die horizontalen Bewegungen eines Eisenbahnfahrzeugs sind im Gegensatz zu einem Luftfahrzeug durch die Spurführung begrenzt. Dieses führt jedoch nicht zwangsläufig zu einem insgesamt geringeren Konfliktpotential. So bewirkt die Spurführung, dass es aufgrund einer hierdurch begrenzten Anzahl an Fahrwegen zwischen verschiedenen Fahrzeugbewegungen zu Überschneidungen der zu belegenden räumlichen Abschnitte kommen kann. Im Fall eines gleichzeitigen Belegungswunschs entstehen zwangsläufig Konflikte. Eisenbahnfahrzeuge können sich – im Gegensatz zu Luftfahrzeugen – nur durch das Vorhandensein einer entsprechenden Infrastruktur ausweichen. Während insgesamt im Flugverkehr eher die Vermeidung von Kollisionen im Vordergrund zu stehen scheint, kommt im Eisenbahnwesen eher der Verhinderung von Verspätungsentstehungen bzw. -übertragungen eine besondere Rolle zu.

Insgesamt wird deutlich, dass die beiden ähnlich erscheinenden Arbeitsplätze grundsätzliche Verschiedenheiten bzw. eine Vielzahl eigener Besonderheiten aufweisen, welche im Wesentlichen im jeweiligen System begründet liegen.

6.4.2 Zusammenhang zwischen Einflussfaktoren und Ebenen des Situationsbewusstseins

Bereits im Rahmen der Analyse von Aufgaben wird in [ER94] die Zuordnung der drei Ebenen des Situationsbewusstseins erwähnt. Es zeigt sich – insbesondere aufgrund der im Flugbetrieb gegenüber dem System Eisenbahn vorhandenen, weiteren räumlichen Freiheitsgrade – dass am Arbeitsplatz des Fluglotsen mehr Variablen in Relation zu setzen sein können, um eine geeignete Handlung abzuleiten. Dies können beispielsweise Flugnummer, Geschwindigkeit, Position, Route, Flugrichtung und Höhe sein. Wie bereits beschrieben, sind manche der Faktoren im Eisenbahnsystem entweder nicht vorhanden oder spielen keine Rolle. Verglichen mit der Flugroute im Luftverkehr ist die räumliche Führung von Fahrzeugbewegungen im Eisenbahnsystem eindeutig determiniert und nicht als veränderlich anzusehen. Die Geschwindigkeit einer Fahrzeugbewegung ist zwar variabel. Da Zugbewegungen im Regelfall im festen Raumabstand verkehren und hierdurch die Geschwindigkeit keinen maßgebenden Faktor hinsichtlich möglicher Kollisionen zwischen verschiedenen Bewegungen darstellt, ist diese für den Fahrdienstleiter bezüglich seiner zu treffenden Entscheidungen jedoch nicht oder kaum relevant.

Die Spurführung bewirkt, dass während der Betriebsdurchführung zukünftige Zustände des Systems Eisenbahn, wie die Belegung eines Gleisabschnitts, einfach und eindeutig zu bestimmen sind. Insgesamt wird deutlich, dass im Eisenbahnverkehr gegenüber der Luftfahrt unterschiedliche Variablen in individuellem Maße durch den jeweiligen Bediener kombiniert werden müssen, um notwendige Folgehandlungen abzuleiten.

Auch für den Fahrdienstleiter können Kenntnisse zu allen drei Ebenen des Situationsbewusstseins erforderlich sein. Diese bilden eine Basis für das korrekte Vornehmen von aktiven Handlungen im Fall von Unregelmäßigkeiten. Aktive Handlungen können sowohl von der Betriebsituation mit der Verspätung eines bzw. mehrerer Züge, den vorherrschenden Gleisbelegungen bzw. Fahrzeugbewegungen im Netz, der insgesamt zur Verfügung stehenden Infrastruktur sowie dem Soll-Fahrplan der Züge abhängig sein und sind gerade aufgrund der Spurführung und dem Fahren im festen Raumabstand als sehr komplex anzusehen. Um eine Dispositionsentscheidung zu treffen, sind nicht nur grundlegende Kenntnisse über die aktuelle Situation zu berücksichtigen, sondern auch eine Abschätzung von zukünftigen Zuständen des Systems (Ebene 3 nach Endsley). Letzteres ist besonders wichtig, um die Effizienz von Dispositionsentscheidungen mit ihrer Auswirkung auf den Betrieb des gesamten Netzes zu beurteilen.

Die Ausführungen zeigen, dass sich die zur Vorbereitung des Fragebogens von Endsley für den Arbeitsplatz des Fluglotsen analysierten Anforderungen und Einflussgrößen nicht unmittelbar auf den Fahrdienstleiter übertragen lassen. Faktoren, welche das Situationsbewusstsein beeinflussen und bei der Gestaltung des Fragebogens zu berücksichtigen sind, werden von den Besonderheiten des zu Grunde liegenden Systems bestimmt.

6.5 Anwendung der SAGAT-Methode zur Betrachtung eines beispielhaften Simulationsexperiments

Der Begriff der Simulation beschreibt entsprechend der zugehörigen Definition u.a. die Betrachtung eines Systems als Modell, „wobei die Untersuchung des Modells einfacher, billiger oder ungefährlicher ist als die des Originals und die Erkenntnisse Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Originals erlauben“ [BRO73]. Bei der Schaffung einer nicht allzu aufwändigen, aber aussagekräftigen Untersuchung kann also grundsätzlich die Konstruktion eines Simulationsmodells im Vordergrund stehen, welches eine maximale Vereinfachung der Realität unter Bewahrung eines minimalen Verlusts an Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Original berücksichtigt.

Die Beschreibung der SAGAT-Methode nach Endsley enthält keine Vorgaben zum Simulationsdesign. Für die Ausführung einer beispielhaften Untersuchung hat es sich angeboten, diese auf Basis der Problematik zu konstruieren, dass der Fahrdienstleiter im Laufe der historischen Entwicklung unter kontinuierlicher Vergrößerung der Bedienbereiche von immer mehr aktiven Aufgaben im Regelbetrieb entbunden wurde. Die notwendige Ausführung von aktiven Handlungen im Störfall setzt grundsätzlich voraus, dass der Fahrdienstleiter zunächst erkennt, dass eine Handlung überhaupt vorzunehmen ist. Dieses ist nur möglich, wenn eine Überwachung des Betriebs auf den Anzeigebildschirmen in ausreichendem Maße ausgeführt wird. Eine zunehmende Größe des Bedienbereichs geht nicht nur mit einer komplexer ausgedehnten Gleisinfrastruktur einher sondern auch mit einer höheren Anzahl zeitgleicher Fahrzeugbewegungen im Bedienbereich.

6.5.1 Fragestellung der Untersuchung

Basierend auf der beschriebenen Problemstellung ist grundsätzlich eine Vielzahl an unterschiedlichen arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen denkbar. Selbst zum Situationsbewusstsein lassen sich verschiedenste Fragestellungen entwickeln, zu deren Beantwortung Zusammenhänge zwischen dargestellten Informationen und vorhandenen Kenntnissen eines Fahrdienstleiters zur Situation mittels Simulationen untersucht werden können. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass eine höhere Anzahl an Informationen zu einer größeren Schwierigkeit führt, die Gesamtzahl an relevanten Inhalten auch tatsächlich aufnehmen und verarbeiten zu können. Es ist außerdem naheliegend, dass sich das Bedienpersonal umso stärker belastet fühlt, je mehr Informationen von diesem über eine bestimmte Zeitspanne aufgenommen und verarbeitet werden müssen. Dies führt schließlich zu der Frage, ob der Fahrdienstleiter einen ausgedehnten Bereich noch vollständig überblicken kann und ob er ab einer gewissen Anzahl angezeigter Informationen überhaupt noch in der Lage ist, Konflikte zu erkennen.

Als ein Untersuchungsbeispiel zur Gewinnung von Erfahrungen in der Untersuchung des Situationsbewusstseins bot es sich an, den Zusammenhang zwischen einer zunehmenden Anzahl an Informationen – in Form von Fahrzeugbewegungen im Bedienbereich – und der Ausprägung der bei einem Fahrdienstleiter zu einem beliebigen Zeitpunkt vorhandenen Kenntnisse über die aktuelle Situation zu erfassen. Dabei wurde es als sinnvoll erachtet, einerseits fachliche Kenntnisse über die jeweiligen Situationen zu untersuchen, andererseits jedoch auch

das Empfinden des Personals zu betrachten. Über die Analyse möglicher Unterschiede in den Ergebnissen beider Arten von Fragestellungen wurden Erkenntnisse zur Aussagekraft der Ergebnisse zu den Fragen objektiver Kenntnisse erhofft.

6.5.2 Modellierung einer Simulation

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben einzelne Aspekte zur Modellierung der Simulation zum Untersuchungsbeispiel. Im Fokus stehen der Aufbau von Infrastruktur und Betriebsprogramm in der Simulation, aber auch die Fragen, mittels welcher Software- und Hardwarekomponenten sowie in welchen Räumlichkeiten diese durchgeführt werden sollte.

6.5.2.1 Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion des betrieblichen Modells

Beispielhafte Konzentration auf den Streckenspiegel eines elektronischen Stellwerks als Simulationsmedium

Als Grundlage für die Untersuchung wurde die Ansicht eines Streckenspiegels genutzt. Diese ist für Arbeitsplätze von Disponenten vorgesehen. Sie gehört nicht zur Grundausstattung am Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters und wurde daher nicht in Tabelle 15 erwähnt²³. Der Streckenspiegel kann den aktuellen Belegungszustand im gesamten Bedienbereich anzeigen. Grundlage ist ein Infrastrukturmodell, welches im Wesentlichen die Gleise mit Belegungsabschnittsgrenzen schematisch darstellt, nur begrenzt Informationen zu Infrastruktur- bzw. Sicherungselementen enthält und weniger detailliert ist als die Infrastrukturansicht einer Bereichsübersicht.

Eine alternative Anwendung der am Fahrdienstleiterarbeitsplatz typischen Infrastrukturdarstellungen von Bereichsübersichten oder auch Lupenbildern wäre auch zur Ausführung einer derartigen Untersuchung möglich gewesen. In allen Darstellungen wird der aktuelle Betrieb angezeigt, womit sich aus allen Ansichten ein Eingriffspotenzial vom Fahrdienstleiter bzw. Probanden erkennen lassen kann. Um entsprechende betriebliche Situationen in einer Simulation darstellen zu können, ist jedoch ein Netz großer Ausdehnung erforderlich. Unter Nutzung von Bereichsübersicht bzw. Lupenbild wären dazu mehrere Anzeigebildschirme nötig. Die Ansicht des Streckenspiegels kann ermöglichen, ein Gleisbild des gesamten Bedienbereichs eines Fahrdienstleiters mit den zugehörigen Belegungen auf einem einzigen Bildschirm darzustellen.

Zusammengefasst wird einem Fahrdienstleiter die Position von Zugbewegungen unabhängig von der Art der Infrastrukturansicht übermittelt. Die Nutzung des Streckenspiegels kann dem Probanden die Möglichkeit bieten, ein Situationsbewusstsein zu den gleichen Faktoren aufzubauen wie es mittels Bereichsübersicht bzw. Lupenbild denkbar wäre. Der Aufwand zur Bereitstellung der Hard- und Software unter Nutzung des Streckenspiegels ist im Vergleich zur

²³ Der Fahrdienstleiter im elektronischen Stellwerk verfügt allerdings über die Möglichkeit, die Ansicht des Streckenspiegels manuell aufzuschalten.

Anwendung anderer Ansichtsarten jedoch geringer, da die Simulation auf einem Einzelbildschirm stattfinden kann.




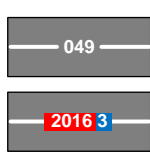
Die beschriebene Beispieluntersuchung verfolgte – wie bereits erwähnt – nicht das Ziel der Herleitung einer umfassenden Methodik. Stattdessen sollten zunächst grundlegende Erkenntnisse in der Anwendung der Fragebogenerfassung zum Situationsbewusstsein gewonnen werden. Deshalb wurde die Nutzung eines Streckenspiegels für die Simulationen als geeignet angesehen.

Allgemeine Beschreibung des Streckenspiegels

Die Belegungsinformationen werden über eine farbliche Ausleuchtung der Infrastrukturabschnitte dargestellt, ergänzt um eine Anzeige der Zugnummern mit unmittelbarer Angabe der aktuell vorherrschenden Verspätung. Die Verspätungsangabe ermöglicht, dass Abweichungen zu Fahrplanzeiten bei einzelnen Zugfahrten unmittelbar aus den Anzeigeeinformationen entnommen werden können. Der Streckenspiegel zeigt Informationen unter geringer Detaildichte an. Deshalb kann er das Erkennen bestimmter Konflikte im Betrieb, insbesondere von vorhandenen oder zu erwartenden Belegungskonflikten zwischen verschiedenen Fahrzeugbewegungen vereinfachen.

Die Anzeige eines Streckenspiegels kann auf Informationssystemen vom Typ „LeiDis“ (Leitsystem der Betriebsführung Disposition) basieren. LeiDis bildet mit den zugehörigen Komponenten einen wesentlichen Bestandteil der Disposition in einer Betriebszentrale im Netz der Deutschen Bahn, indem dieses u.a. eine Grundlage zur Überwachung von Strecken und Knoten bzw. des Netzes am Arbeitsplatz des Disponenten darstellt [SCH05]. Die Grundansicht besteht aus einem schematischen Gleisplan, welcher neben der befahrbaren Infrastruktur die Bezeichnung von Gleisabschnitten enthält sowie die Darstellung von Hauptsignalen und Bezeichnungen der angezeigten Betriebsstellen. Den Signalen, die als Dreiecke dargestellt sind, ist allein aus der Darstellungsform die Positionsrichtung am Gleis zu entnehmen. Während die Gleisinfrastuktur im System LeiDis-NK im Grundzustand weiß/grau ausgeleuchtet ist, werden eingestellte Fahrstraßen in grüner Farbe dargestellt. Von Zugfahrten belegte Gleisabschnitte zeigen im Feld der Gleisabschnittsbezeichnung die Zugnummer des Zuges an, ergänzt um Angaben zur Abweichung der Ist- gegenüber der Soll-Fahrplanzeit [DB12-3, DB13].

Tabelle 30 Darstellung von Infrastruktur und Ist-Informationen im Streckenspiegel nach [DB12-3, DB13]

Nr.	Bezeichnung	Darstellungsvarianten mit Bedeutung	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
1	Gleis	grau/weiß: Gleis nicht durch Fahrstraße beansprucht grün: Fahrstraße eingestellt	statisch		ja
2	Weiche	Darstellungsvarianten analog zur Gleismodellierung	statisch		ja
3	(Haupt-) Signal	grau/weiß: Halt grün: Fahrt	statisch		ja
4	Feld der Gleisabschnittsbezeichnung	grau/weiß: Gleisabschnittsbezeichnung sonstige Farbe: Zugnummer Verschiedene Möglichkeiten der farblichen Darstellung von u.a. Zugnummer, Verspätungsdauer	statisch		ja

Zusammengefasst liefert die Nutzung des Streckenspiegels Informationen zur aktuellen Belegung durch Zugfahrten, zu deren Pünktlichkeit sowie zu eingestellten Fahrstraßen. Sonstige Fahrzeugbewegungen, wie Rangierfahrten oder abgestellte Fahrzeuge, werden nicht dargestellt. Zum Treffen von Dispositionsentscheidungen kann es also erforderlich sein, weitere Anzeigen zu nutzen, um ein außerplanmäßig zu belegendes Gleis auf Nutzbarkeit zu prüfen. Die Ausführung aktiver Handlungen, wie das Einstellen von Fahrstraßen, geschieht nicht über den Streckenspiegel sondern mittels Bereichsübersicht bzw. Lupenbild. Der Streckenspiegel kann zur Übermittlung zusätzlicher Informationen der Infrastrukturbelegung im Bedienbereich genutzt werden, nicht aber zur Ersetzung von anderen Infrastrukturansichten.

Überwachung der Vorgänge im Streckenspiegel als Grundaufgabe in der Beispieluntersuchung

In den Simulationen der ausgeführten Untersuchung stellte die Beobachtung des Streckenspiegels die wesentliche Aufgabe der Probanden dar. Die Probanden hatten kontinuierlich eine überwachende Aufgabe auszuführen, indem sie den laufenden Betrieb mit möglichen Abweichungen vom Soll-Fahrplan zu betrachten hatten.

Anforderungen an den Aufbau des Infrastrukturmodells im Streckenspiegel in der Beispieluntersuchung

Wie bereits erwähnt, sollte der im Streckenspiegel angezeigte Bedienbereich in der Ausdehnung die Umsetzung von Änderungen in der Zugreihenfolge ermöglichen. Grundsätzlich bietet sich dazu eine Strecke mit mehreren Betriebsstellen an, die einen geringen räumlichen Abstand aufweisen. Alternativ kann sich auch ein Knotenpunkt untersuchen lassen. Die Möglichkeiten der Disposition würden dann vor allem Änderungen in der Belegung von Bahnsteiggleisen umfassen, welche ebenfalls aufgrund von Verspätungen erforderlich sein können.

Entsprechend der Fragestellung in der Beispieluntersuchung sollte das Infrastrukturmodell einen Umfang besitzen, der eine variable und hohe Anzahl an Fahrzeugbewegungen erlaubt.

Allgemeine Anforderungen an den Aufbau des Betriebsprogramms

Um einen typischen Auszug aus dem Netz der Deutschen Bahn darzustellen, wurde ein Betriebsprogramm mit Mischverkehr vorgesehen bzw. ein Betrieb mit Fahrzeugbewegungen unterschiedlicher Prioritäten. Während der Simulation wiesen verschiedene Züge Verspätungen auf und verkehrten dazu in einer Konstellation, dass es sinnvoll gewesen wäre, Dispositionsentscheidungen vorzunehmen bzw. die Probanden die Notwendigkeit von Dispositionsentscheidungen der Situation entnehmen konnten. Durch die verschiedenen Prioritäten der Fahrzeugbewegungen existierte eine Rangfolge im Betriebsablauf.

6.5.2.2 Umsetzung durch Nutzung der ESTW-Simulationssoftware Nienburg / Verden-Süd

Zur Durchführung der Simulation wurde der Streckenspiegel der Simulationssoftware Nienburg / Verden-Süd des Herstellers ESTWsim genutzt. Der Bedienbereich des elektronischen Stellwerks umfasst sowohl einen ausgedehnten Teil der zweigleisigen, elektrifizierten Strecke Bremen-Nienburg-Wunstorf als auch einen großen Abschnitt der eingleisigen und ebenfalls elektrifizierten Strecke Nienburg-Minden.

Aufbau des Bedienbereichs mit Infrastruktur und Belegungsabschnitten

Der Bedienbereich der Strecke Bremen-Nienburg-Wunstorf beinhaltet neben der freien Strecke insgesamt sechs Betriebsstellen, welche teilweise in einer bzw. in beiden Fahrtrichtungen genutzt werden können, um sowohl planmäßig als auch im Fall von Unregelmäßigkeiten Änderungen in der Zugreihenfolge durchführen zu können. Kurze Blockabschnittslängen ermöglichen die Konstruktion eines Fahrplans bis zu einer hohen Dichte an Zugfahrten. Die Strecke wird als Mischverkehrsstrecke auch im Planbetrieb von Zügen unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeiten und Prioritäten genutzt. Der unter Nutzung der Software zu bedienende Streckenteil umfasst den Bereich zwischen den Betriebsstellen Rohrsen und Poggenhagen und damit eine Ausdehnung von etwa 41 km. In beiden Fahrtrichtungen umfasst die Infrastruktur in den Hauptgleisen in Summe jeweils mehr als 20 Belegungsabschnitte.

Der Bedienbereich der Strecke Nienburg-Minden beinhaltet fünf Betriebsstellen, welche aufgrund einer entsprechenden Ausstattung mit Signalen allesamt in beiden Fahrtrichtungen genutzt werden können, um Änderungen in der Zugreihenfolge durchzuführen. Die Strecke wird im Planbetrieb sowohl von Nahverkehrs- als auch von Güterzügen genutzt. Im Gegensatz zum Bedienbereich der Strecke Bremen-Nienburg-Wunstorf handelt es sich um eine eingleisige Strecke, welche zwischen den einzelnen Betriebsstellen teilweise längere Belegungsabschnitte aufweist. Der zu bedienende Streckenteil umfasst den Bereich zwischen den Betriebsstellen Nienburg (Endpunkt der Strecke bzw. Übergang zur Strecke Bremen-Nienburg-Wunstorf in nördlicher Richtung) und Frille und damit eine Ausdehnung von etwa 46 km. In beiden Fahrtrichtungen umfasst die Infrastruktur im Hauptgleis jeweils mehr als 10 Belegungsabschnitte.

Realitätsnähe von Darstellung und Bedienbereich

Der zu Grunde liegende Gleisplan stellt ein realitätsnahes Modell nach [DB12-3, DB13] dar²⁴. Das ESTW Nienburg / Verden-Süd existiert bisher nicht, stattdessen sind dort verschiedene, ältere Stellwerksbauformen im Einsatz. Die Ausgestaltung des Gleisplans mit den zugehörigen Signalstandorten und Belegungsabschnitten entspricht jedoch einem typischen Bedienbereich, wie dieser auch bei Umrüstung der Bestandsinfrastruktur auf Steuerung durch ein elektronisches Stellwerk denkbar wäre. Die Software stellt eine realistische Nachbildung eines Arbeitsplatzes mit den Anzeigen und Bedienmöglichkeiten dar, welche in den vorangegangenen Abschnitten erläutert wurden.

Vorteile der Nutzung eines Bedienbereichs mit ein- und zweigleisigen Strecken

Der gesamte Bedienbereich umfasst sowohl einen großen Anteil einer eingleisigen, als auch einer zweigleisigen Strecke mit unterschiedlichen Blockabschnittslängen und jeweils einer großen Zahl an Betriebsstellen mit dort nutzbaren Ausweichgleisen. Besonders bei einer Simulation mit realitätsnahem Betriebsprogramm ist zu erwarten, dass auf einer zweigleisigen Strecke stärkerer Auslastung vor allem Dispositionsentscheidungen in Form von Reihenfolgeänderungen verschiedener Zugbewegungen gleicher Fahrtrichtung (Überholungen) vorzunehmen sind. Auf einer eingleisigen Strecke schwächerer Auslastung sind eher außerplanmäßige Zugkreuzungen durchzuführen. Die Berücksichtigung eines Bedienbereichs mit beiden Streckenarten kann – unter Vorhandensein von Streckenabschnitten mit mehreren Betriebsstellen – beide Arten von Reihenfolgeänderungen mit den zugehörigen Dispositionsentscheidungen abdecken.

Anzeigeinformationen im Streckenspiegel der Software ESTWsim

Die grundsätzlichen im Streckenspiegel dargestellten Anzeigeinformationen, welche dem Personal übermittelt werden, sind bereits in Abschnitt 6.5.2.1 beschrieben worden. Im Folgenden werden, als Ergänzung zu den Inhalten aus Tabelle 30, bei der Simulationssoftware ESTWsim Anwendung findende spezifische Ausleuchtungsvarianten der Zugnummer nach [EST14] erläutert. Die Farben der Ausleuchtung beschreiben mittels fünf verschiedenen Farbtönen die zu jedem Zeitpunkt der Simulation vorherrschenden Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Zeit einer Zugbewegung.

²⁴ Im Gegensatz zur Darstellung nach den genannten Quellen sind haltzeigende Hauptsignale hier in roter Farbgebung dargestellt.

Tabelle 31 Symbolik der Gleisabschnittsbezeichnungen im Streckenspiegel der beschriebenen Simulation mit ESTWsim [EST14]

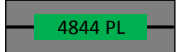
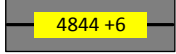

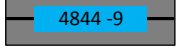
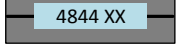
Bezeichnung	Verschiedene Möglichkeiten der farblichen Darstellung von Verspätungsdauer und Zugnummer	Art der Darstellung	Symbolik (Grundzustand)	Auf Basis automatisierter Vorgänge
Zug nahezu pünktlich	grün: Zugnummer, Angabe „PL“ (Zug nach Plan)	statisch		ja
Zug mehr als 3 Minuten verspätet	gelb: Zugnummer, Verspätungsangabe „+ X“ (X = Verspätungsminuten)	statisch		ja
Zug mehr als 10 Minuten verspätet	rot: Zugnummer, Verspätungsangabe „+ X“ (X = Verspätungsminuten)	statisch		ja
Zug mehr als 5 Minuten vor Plan	blau: Zugnummer, Verfrühungsangabe „- X“ (X = Verfrühungsminuten)	statisch		ja
Zug ohne Fahrplandaten	hellblau: Zugnummer, keine Verspätungsangabe	statisch		ja

Abbildung 20 zeigt den Streckenspiegel des ESTW Nienburg / Verden-Süd mit Einblendung von Gleisabschnittsbezeichnungen und Hauptsignalen als Dreieckssymbole in einem Gleisplan gemäß den Tabellen 30 und 31. Der Streckenspiegel enthält hier zwei Beispielzüge mit Anzeige der Zugnummer und Verspätungs- bzw. Verfrühungsangabe sowie die eingestellten Fahrstraßen²⁵. Der detaillierte Aufbau des Simulationsdesigns wird in den Anhängen 2 und 3 beschrieben.

²⁵ Zur Verbesserung der Darstellbarkeit wird der Ansichtshintergrund der Abbildung des Streckenspiegels hier sowie bei den Folgeabbildungen in weiß (anstatt schwarz) dargestellt, die eigentliche Infrastruktur in schwarz (anstatt weiß/grau).

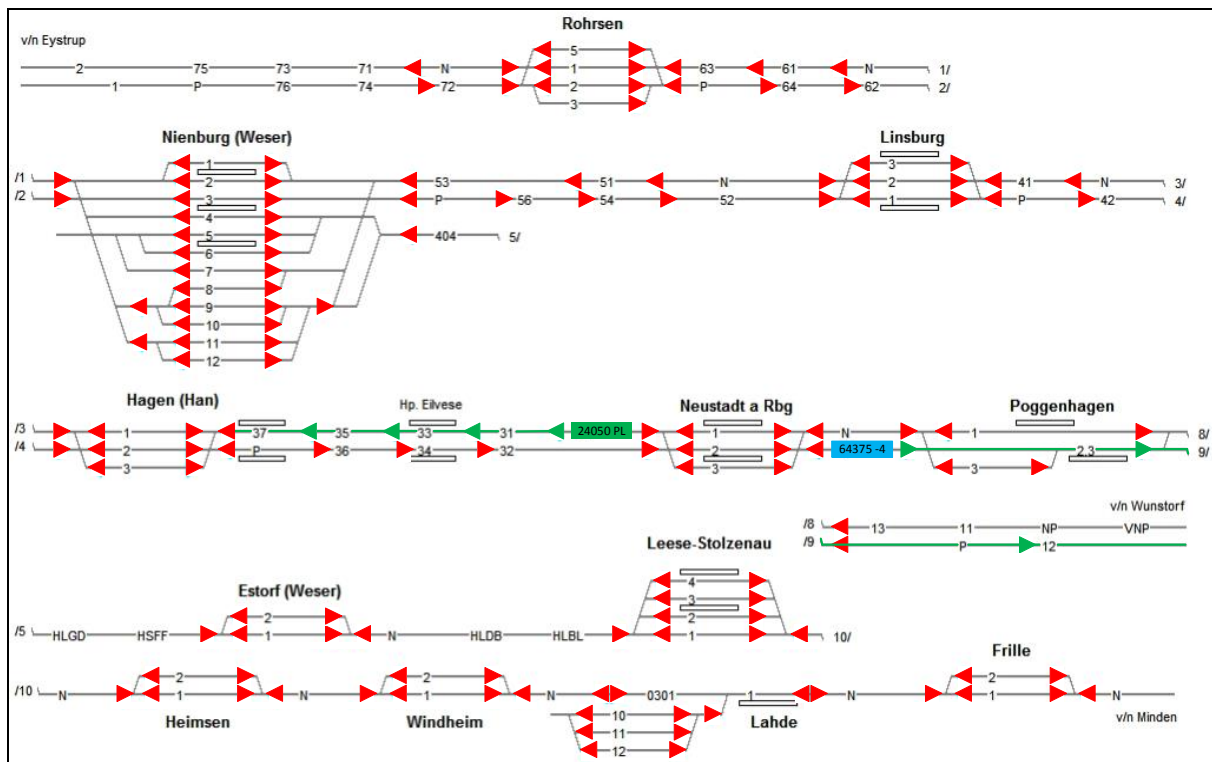


Abbildung 20 Streckenspiegel des ESTWSim Verden / Nienburg-Süd mit zwei beispielhaften Zugfahrten

6.5.2.3 Durchführung eines gruppenweisen Experiments mit einheitlichen Simulationen

Aufgrund der Tatsache, dass sich die Simulationen der Beispieluntersuchung auf überwachende Aufgaben der Probanden konzentrieren sollten, waren keine Bedienhandlungen erforderlich. Stattdessen wurden die Simulationen im vollständigen Selbststellbetrieb (Zuglenkung) ausgeführt, womit die Probanden ausschließlich gefordert waren, die in ihrem Bereich ablaufenden Vorgänge zu betrachten. Um vergleichbare Ergebnisse zwischen den einzelnen Probanden zu erhalten, wurde eine einheitliche Gestaltung der einzelnen Simulationen gewährleistet. Dazu wurden Videoaufzeichnungen des Streckenspiegels über eine bestimmte Simulation angefertigt. Zur Aufzeichnung wurde die Software FRAPS 3.5 genutzt, mit deren Hilfe die erstellten Videos auch zugeschnitten und im avi-Dateiformat gespeichert werden konnten. Simulationen des eigentlichen Experiments konzentrierten sich auf ein Abspielen der zuvor aufgezeichneten Videos. Das Abspielen der Simulationsvideos war im Vollbildmodus möglich und zeigte ausschließlich die Simulation, so dass für die Probanden kein Unterschied zwischen Video und in Echtzeit ablaufenden betrieblichen Vorgängen erkennbar war. Die Anwendung eines derartigen Videos (im Weiteren als Simulation bezeichnet) gewährleistete außer-

dem, dass zum Zeitpunkt der Beendigung (in diesem Moment brach das Video für die Probanden unerwartet ab) auch tatsächlich betriebliche Situationen erzeugt waren, welche mit der Beantwortung der Fragen abgefragt werden konnten²⁶.

Damit war es nicht nötig, eine Vielzahl an zeitaufwändigen Einzeluntersuchungen auszuführen. Stattdessen bot die Durchführung von Simulationen in Form von Videos die Möglichkeit, die Untersuchung mit mehreren Probanden zeitgleich auszuführen. Dieses fand in Form einer Dispositionsübung im Virtuellen Eisenbahnbetriebslabor sowie an weiteren Computer-Arbeitsplätzen am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der TU Braunschweig statt. Während der Ausführung des gruppenweisen Experiments wurde beachtet, dass die Probanden sich nicht unterhielten oder anderweitig abgelenkt werden konnten. Nur so war zu gewährleisten, dass die Probanden während der Simulationsdurchführung ein Situationsbewusstsein in vergleichbarem Umfang aufbauen und bewahren konnten, wie es bei einer Untersuchung von Einzelpersonen der Fall gewesen wäre.

6.5.2.4 Konstruktion einer Studie aus mehreren aufeinanderfolgenden Simulationsläufen

Um beurteilen zu können, inwiefern sich die Auslastung eines Bedienbereichs auf das Situationsbewusstsein von Probanden auswirkt, wurden im Rahmen der Untersuchung mehrere Simulationsläufe durchgeführt, welche eine jeweils unterschiedliche Anzahl an Zügen umfassten²⁷.

Die Vorgabe nach Endsley, zunächst mehrere Simulationsläufe mit Beantwortung der Fragebögen als Vorbereitung für die eigentliche Untersuchung auszuführen, wurde außerdem berücksichtigt. Einerseits erlangten die Probanden hierdurch zusätzlich zur vorherigen, theoretischen Einarbeitung unmittelbare Kenntnisse zum Aufbau der Simulation. Andererseits war es den Probanden möglich, den zu beantwortenden Fragebogen zunächst testweise in Bezug auf konkrete Simulationen zu bearbeiten. Mögliche Unklarheiten (welche in der ausgeführten Untersuchung allerdings nicht auftraten) hätten so vor dem eigentlichen Simulationsexperiment beseitigt werden können.

Auslastung des Bedienbereichs als variable Größe

Für die Untersuchung wurde eine Anzahl von vier zeitgleichen Fahrzeugbewegungen als Minimum der Netzauslastung gewählt. Bei diesen handelte es sich ausschließlich um Zugfahrten, welche unter Anwendung einer Zuglenkung automatisiert Fahrterlaubnisse mit zugehörigen

²⁶ Die Software ESTWsim erlaubt zwar eine beliebige Editierbarkeit von Fahrplänen, nicht jedoch die Möglichkeit einer festen Zuweisung von Verspätungen zu einzelnen Zugfahrten. Verspätungen können einzelnen Zugfahrten lediglich über Verteilungsfunktionen zugewiesen werden. So wäre es ohne die beschriebene Variante der Anwendung von Videos nicht möglich, bei verschiedenen in Echtzeit ablaufenden Simulationen einheitliche betriebliche Situationen zu schaffen.

²⁷ Simulationen ausnahmslos gleicher Vorgänge werden im Weiteren auch als „Simulationslauf“ bezeichnet. Beispiel: 4-Züge-Simulationslauf, dessen Ausdruck sich auf die Gesamtzahl der ausgeführten Simulationen mit 4 Zügen über alle Probanden und damit auf ein einheitliches Simulationsvideo bezieht.

Handlungen erhielten. Für den jeweils folgenden Simulationslauf wurde eine zusätzliche Anzahl von zwei Zügen vorgesehen. Die Simulationen begannen nicht in komplett unbelegtem Zustand der Infrastruktur sondern liefen mit einer konstanten Anzahl an Zugfahrten ab²⁸. Unmittelbar vor dem „Einfrieren“ der Simulation wurde berücksichtigt, dass über eine Zeitdauer von mehr als 10 Sekunden keine Änderungen in den Belegungen von Gleisabschnitten mehr stattfanden. Dieses sollte ermöglichen, bei der anschließenden Abfrage zum Situationsbewusstsein auf konkrete Gleisabschnitte eingehen zu können.

Für einen einzelnen Simulationslauf wurde eine Dauer von ungefähr 6 Minuten als ausreichend erachtet. Danach wurden die Simulationen zu einem für die Probanden nicht vorhersehbaren Zeitpunkt abgebrochen. Dieses entsprach den Vorgaben nach Endsley und Jones [EJ04], welche einen Abbruch frühestens nach 3-5 Minuten empfehlen, um den Probanden das Erlangen eines Situationsbewusstseins zu ermöglichen. Ein unerwarteter Eintritt eines Simulationsendes in Form einer automatischen Dunkelschaltung der Bildschirme zu einem den Probanden zuvor nicht bekannten Zeitpunkt sollte gewährleisten, dass die Probanden sich nicht erst kurz vor Ende einer Simulation besonders ausgiebig mit der Situation befassen und so für die Beantwortung der Fragen über ein höheres Situationsbewusstsein verfügten als zu einem anderen Zeitpunkt. Die anschließende Beantwortung des Fragebogens zu der zum Zeitpunkt des Simulationsendes vorhandenen Situation verlangte daher während der Simulation vom Probanden eine kontinuierliche Erfassung der Ist-Situation. Die Simulationsdauer ließ erwarten, dass die Probanden die Möglichkeit hatten, sich einen ausgiebigen Überblick über die Belegung des Systems zu verschaffen, betriebliche Unregelmäßigkeiten zu identifizieren und daraus Maßnahmen der Disposition abzuleiten. Dazu bekamen die Probanden Fahrplanunterlagen, welche inhaltlich denen ähnelten, die sich am Bedienplatz eines elektronischen Stellwerks der Deutschen Bahn befinden.

Nutzung einer einheitlichen Probandengruppe

Es war geplant, für die gesamte Untersuchung, also für die Simulationsläufe mit unterschiedlichen Netzauslastungen, die gleichen Probanden einzusetzen. Die Akquise von Probanden sollte hiermit vereinfacht werden, da eine Nutzung unterschiedlicher Probandengruppen mit einer höheren Anzahl notwendiger Versuchspersonen einhergegangen wäre. Durch eine umfangreiche Vorbereitung konnte davon ausgegangen werden, dass die Probanden bereits im ersten auszuwertenden Simulationslauf derart umfassende Kenntnisse zu Örtlichkeiten und zum Fragebogen besaßen, dass diese während der Untersuchung konstant blieben. Damit war eine wesentliche Voraussetzung geschaffen, die Untersuchungsläufe mit einer einheitlichen Probandengruppe auszuführen.

Anstelle von ausgebildetem Personal wurden studentische Probanden aus Masterlehrveranstaltungen des Spurgeführten Verkehrs eingesetzt. Eine umfangreiche Einarbeitung in die Studie ergänzte die bereits vorhandenen Kenntnisse zum Eisenbahnbetrieb.

²⁸ Eine beständige Einfahrt zusätzlicher Züge in ein zum Startzeitpunkt der Simulation vollständig unbelegtes (oder von nur wenigen Zügen beanspruchtes) System hätte bewirken können, dass die Probanden über früher im System befindliche Zugsbewegungen bessere Kenntnisse besessen hätten, als über solche, die sich über einen kürzeren Zeitraum im System aufhielten.

6.6 Erstellung eines Fragebogens zum Simulationsexperiment

Im folgenden Abschnitt werden konkrete Fragen zum Situationsbewusstsein beschrieben. Diese wurden im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung hergeleitet, können jedoch auch als Grundlage für sonstige Untersuchungen zum Situationsbewusstsein angesehen werden. Eine Betrachtung anderer Fragestellungen, beispielsweise die Erfassung einer Auswirkung von Änderungen an der Bedienoberfläche auf die beim Personal vorhandenen Kenntnisse zum vorherrschenden Betriebsablauf, kann ebenfalls auf Basis derartiger Fragen ausgeführt werden.

Die Beantwortung der Fragen sollte umfangreiche Kenntnisse zum Situationsbewusstsein erfordern. Die Komplexität der Fragen als Summe sollte dazu führen, dass der Nutzer sich auch unter Kenntnis der Fragen nicht nur auf bestimmte (wenige) Faktoren der Simulation konzentriert sondern die Gesamtsituation erfasst.

6.6.1 Zielstellungen der Entwicklung des Fragebogens

Die Größe des Bedienbereichs, welche nicht maßgebend durch Gleislängen, sondern durch die Anzahl der bedienbaren Elemente definiert ist, kann einen der wesentlichen Faktoren darstellen, welcher sich auf die Beanspruchung des Personals bei der Überwachung des jeweiligen Bereichs auswirkt. Es kann angenommen werden, dass eine höhere Anzahl an Bedienelementen mit einer größeren Schwierigkeit einhergeht, ein Situationsbewusstsein aufzubauen bzw. kontinuierlich zu bewahren. Im Rahmen der Untersuchung zur genannten Fragestellung hat es sich angeboten, die Fragen zur Situation ausschließlich auf Belegungen bzw. unmittelbare Bewegungen von Fahrzeugen in einem einheitlichen Netz zu konzentrieren. So wurden Ergebnisse erhofft, welche weitgehend unabhängig von der Anzahl der Infrastruktur- bzw. Sicherungselemente im Bedienbereich sind und maßgebend aus den Fahrzeugbewegungen resultieren.

Nach Aufnahme von Informationen zur Lage im System bilden die Ableitung und Ausführung aktiver Aufgaben entsprechende Folgehandlungen (siehe auch Abschnitt 2.2.3). Die Ausführung aktiver Aufgaben an sich muss kein unmittelbarer Bestandteil einer Untersuchung zum Situationsbewusstsein sein. Aktive Aufgaben basieren zwar auf einem ausreichenden Situationsbewusstsein, stellen jedoch keinen Betrachtungsparameter dar, aus welchem *unmittelbare* Erkenntnisse zum Situationsbewusstsein abgeleitet werden könnten.

6.6.2 Berücksichtigung der Ebenen des Situationsbewusstseins

Zur Herleitung von einzelnen Fragen erscheint es grundsätzlich sinnvoll, alle drei Ebenen des Situationsbewusstseins nach Endsley (siehe Abschnitt 2.2.1) zu berücksichtigen. Dieses kann ein ausgewogenes Verhältnis von Fragen unterschiedlicher Grade mentaler Komplexität gewährleisten. Außerdem kann dieses Vorgehen eine ebenenweise Betrachtung von Ergebnissen ermöglichen.

6.6.3 Erfassung des Empfindens von Probanden

Zur Erfassung des Empfindens von Probanden bietet es sich an, Antwortmöglichkeiten in Anlehnung an die in der Wissenschaft verbreiteten Rating-Skalen vorzugeben. Mittels einer Intervallskala kann eine kurzfristige und eindeutige Beantwortung der Fragen erwartet werden.

6.6.4 Fragen zum Situationsbewusstsein in der Beispieluntersuchung

Zur Herleitung des Versuchsdesigns der Beispieluntersuchung ist bereits beschrieben worden, dass dieses sich auf die Beobachtung der Infrastrukturbelegung und damit auf die Überwachung der Fahrzeugbewegungen im System konzentrieren sollte. Bei der Erstellung von Fragen zur aktuellen Situation musste also beachtet werden, dass diese sich ausschließlich auf die Fahrzeugbewegungen mit deren Positionen bezogen und beispielsweise nicht auf einzelne Sicherungselemente. Dabei war zu berücksichtigen, welche Informationen in ihrer Gesamtheit dem Personal über die Anzeigen des Streckenspiegels übermittelt werden und welche dieser Informationen wichtig sind, um die Notwendigkeit von aktiven Handlungen zu erkennen. Eine wesentliche Aufgabe im betrachteten Untersuchungsbeispiel war das Erkennen, an welchen Positionen bzw. in welchen Belegungsabschnitten des Systems sich Züge befanden. Anhand der Angabe der Zugnummern in den Feldern der Gleisabschnittsbezeichnung konnte abgeleitet werden, um welchen Zug es sich jeweils handelte. Eventuell vorherrschende Verspätungen konnten ebenfalls der Anzeige entnommen werden. Bei drohenden Konflikten war abzuleiten, ob es sinnvoll sein konnte, bestimmte Dispositionsentscheidungen vorzunehmen. Das außerplanmäßige Auflaufen eines schnellen, höher priorisierten Reisezugs auf einen langsamen und niedriger priorisierten Zug stellt beispielsweise einen Konflikt dar, welcher eine Dispositionsentscheidung erfordern könnte. Eine ausreichende Kenntnis der Faktoren zur aktuellen Situation ist erforderlich, um die Notwendigkeit von Handlungen zu erkennen. Auf dieser Basis können Tätigkeiten abgeleitet und ausgeführt werden.

Im Folgenden wird die Entwicklung der Fragen zum Situationsbewusstsein in der Beispieluntersuchung beschrieben. Die Herleitung erfolgte auf Basis der Bedeutung von Kenntnissen zu den verschiedenen Faktoren des laufenden Betriebs.

Frage 1: Wo befinden sich Zugfahrten im System?

Beantwortung: durch Ankreuzen (Belegungsabschnitte / Markierungsbereiche im Gleisplan)

Anmerkungen:

- Die Kenntnis der Position von Zugfahrten im System stellt eine wesentliche Grundlage zur Ableitung von z.B. dispositiven Maßnahmen dar. Fehlende Kenntnisse in den Positionen der Zugfahrten führen zwangsläufig dazu, dass mögliche Konflikte oder Notwendigkeiten des Fällens von Dispositionsentscheidungen gar nicht erkannt werden können.
- Je nach Ausgestaltung der Infrastruktur kann es schwierig sein, die exakte Position der einzelnen Züge wiederzugeben. So ist zu erwarten, dass eine Infrastruktur mit einem

komplexen Gleisplan oder beispielsweise einer großen Anzahl an Belegungsabschnitten auf der freien Strecke zwischen zwei Betriebsstellen ein größeres Verwechslungspotenzial in den aktuellen Belegungen bietet als eine Infrastruktur, deren freie Strecke zwischen benachbarten Betriebsstellen im einfachsten Fall lediglich einem einzigen Belegungsabschnitt entspricht. Bei einem fehlerhaft angekreuzten Belegungsabschnitt kann es sinnvoller sein, die tatsächliche Abweichung zu betrachten, anstatt Fehler geringeren Ausmaßes mit beispielsweise gar nicht wiedergegebenen Zugfahrten in der Auswertung gleichzusetzen.

In der Beispieluntersuchung erhielten die Probanden für die Beantwortung dieser Frage (sowie einiger Folgefragen) daher sowohl eine Grobskizze des Bedienbereichs mit Kennzeichnung einzelner Markierungsbereiche als auch eine Feinskizze mit einzelnen Belegungsabschnitten. Im Rahmen der Beantwortung der Frage war von den Probanden anzukreuzen, in welchem Bereich bzw. Abschnitt sich gerade eine Zugfahrt befand.

- Eine ähnliche Frage zum Situationsbewusstsein wird von Balfe [BAL10] beschrieben (siehe auch Abschnitt 6.1), der Gleisplan zur schriftlichen Beantwortung enthält allerdings keine Signalstandorte. Diese werden jedoch als wichtig erachtet, da sie die Grenzen von Belegungsabschnitten wiedergeben und erst damit eine wesentliche Aussage zur aktuellen Nutzung der Infrastruktur bieten.

Ebene der Frage: Ebene 1 (Information durch farbige Ausleuchtung des zugehörigen Gleisabschnitts unmittelbar vom Bildschirm ablesbar)

Frage 2: In welchen Abschnitten des Systems befinden sich verspätete Zugfahrten?

Beantwortung: durch Ankreuzen (Belegungsabschnitte / Markierungsbereiche im Gleisplan)

Anmerkung: In einem System planmäßiger Betriebsabwicklung sind keine außerplanmäßigen Dispositionsentscheidungen auszuführen. Unpünktlich verkehrende Züge können beispielsweise eine Übertragung der Verspätung auf andere Züge bewirken. Um derartige Übertragungen zu minimieren oder zu vermeiden ist es zunächst nötig, einen Bedarf an manuellen Eingriffen festzustellen.

Ebene der Frage: Ebene 1 (Aufnahme der Angaben in den einzelnen Feldern der Gleisabschnittsbezeichnung)

Frage 3: Wie viele Minuten beträgt die größte Verspätung im Netz ungefähr?

Beantwortung: in Textform (Minutenangabe)

Anmerkung: Für pünktlich verkehrende Züge sind keine Dispositionsentscheidungen auszuführen. Unpünktlich verkehrende Züge können beispielsweise eine Übertragung der Verspätung auf andere Züge bewirken. Um derartige Übertragungen zu minimieren oder zu ver-

meiden ist es zunächst nötig, einen Bedarf an manuellen Eingriffen zu ermitteln. In allen Simulationen der Beispieluntersuchung war mindestens ein Zug verspätet (mit einer Verspätungsangabe versehen).

Ebene der Frage: Ebene 2 (Aufnahme der Angabe in den Feldern der Gleisabschnittsbezeichnung, Vergleich der Angaben zu den verschiedenen Zugfahrten)

Frage 4: Welche Prioritäten (Zuggattungen) besitzen die Züge im System?

Beantwortung: in Textform (Gz / S / RE / IC / ICE), Zuordnung zu Belegungsabschnitten / Markierungsbereichen im Gleisplan

Anmerkung: Sowohl Güterzüge als auch Nahverkehrszüge der Gattungen S-Bahn (S) und RegionalExpress (RE) sowie Fernzüge der Gattungen InterCity (IC) bzw. InterCityExpress (ICE) konnten im beispielhaft betrachteten System als Auszug typischer Zuggattungen bzw. als Mischverkehr einer typischen Hauptstrecke im Netz der Deutschen Bahn in den Simulationen anzutreffen sein. Die Probanden erhielten zu dieser Frage ebenfalls Grob- und Feinskizze einer Bereichsübersicht. Im Rahmen der Beantwortung der Frage war von den Probanden anzugeben, welcher Zuggattung eine Zugfahrt im System entsprach. Die Zuggattung gab in der ausgeführten Untersuchung sowohl zur Fahrgeschwindigkeit als auch zur Priorität der Züge Hinweise und stellte damit einen beeinflussenden Faktor für die Ableitung möglicher Dispositionsentscheidungen dar.

Ebene der Frage: Ebene 2 (Information ergibt sich aus Kombination von Zugnummer in der Ansicht des Bedienbereichs und der Angabe im Fahrplan)

Frage 5: Kann es zwischen bestimmten Zügen sinnvoll sein, in den nächsten Minuten eine außerplanmäßige Änderung in der Zugreihenfolge vorzusehen?

Beantwortung: durch Ankreuzen („JA“ bzw. „NEIN“) und der Angabe von Art der Änderung der Zugreihenfolge (Überholung oder Kreuzung), zu nutzenden Betriebsstellen sowie Zuggattungen

Anmerkungen:

- Eine außerplanmäßige Überholung kann dann als sinnvoll angesehen werden, wenn sich ein Zug höherer Fahrgeschwindigkeit einem Zug mit niedriger Fahrgeschwindigkeit auf dem gleichen Streckengleis in gleicher Fahrtrichtung annähert. Voraussetzung ist außerdem, dass eine Verspätungssituation vorliegt und die Infrastruktur es ermöglicht, eine Überholung durchzuführen. Letzteres bedeutet, dass ein vom zu überholenden Zug zu nutzendes Ausweichgleis in dem Zeitraum nicht von einer anderen Fahrt zur Nutzung vorgesehen ist und andere Zugfahrten nach Möglichkeit nicht beeinträchtigt werden.
- Außerplanmäßige Kreuzungen können insbesondere im Verspätungsfall eines oder mehrerer Züge beim Befahren einer eingleisigen Strecke sinnvoll sein. Ebenso wie

Überholungen dienen auch außerplanmäßige Kreuzungen zur Verbesserung der Stabilität eines bereits gestörten Betriebsprogramms. Die Anordnung einer außerplanmäßigen Kreuzung setzt, analog zur Überholung, die Verfügbarkeit der Infrastruktur voraus.

- In der ausgeführten Beispieluntersuchung waren im planmäßigen Betrieb weder Überholungen noch Kreuzungen im Bedienbereich vorgesehen. Änderungen in der Zugreihenfolge erforderten in jedem Fall Dispositionsentscheidungen.

Ebene der Frage: Ebene 3 (Information ergibt sich aus Kombination von Zugnummer in der Ansicht des Bedienbereichs, Angabe im Fahrplan, Verspätungsangabe, Prioritäten der Züge, Position der Züge, Möglichkeiten der Infrastruktur)

Anzahl der Fragen

Auch wenn die Fragen einfach formuliert und eindeutig zu beantworten sind, erfolgt deren Beantwortung nicht über eine einzige Auswahlmöglichkeit und ist mit einer höheren Zahl an kognitiven Prozessen verbunden. Dieses ist hauptsächlich durch die Komplexität der Bedienansicht bedingt. Den gestellten Fragen lassen sich detailliertere Fragen unterordnen. Diese könnten beispielsweise unter der Auswahlmöglichkeit „JA“ bzw. „NEIN“ lauten: „Befindet sich in Abschnitt 1 ein Zug? Befindet sich in Abschnitt 2 ein Zug?“ Die Tatsache, dass sich eine gestellte Frage aus mehreren untergeordneten Einzelfragen zusammensetzen kann, sollte bei der Auswertung der Antworten Berücksichtigung finden.

6.6.5 Fragen zur subjektiven Einschätzung der Beanspruchung

Die subjektive Einschätzung der Beanspruchung kann für den Bediener bzw. für einen Probanden selbst als maßgebend erachtet werden. In einem Simulationsexperiment ist es beispielsweise möglich, dass ein Proband nur sehr wenige objektive Fragen zum Situationsbewusstsein beantworten kann, sich jedoch nicht sehr stark belastet bzw. gestresst fühlt. Letzterer Aspekt würde aus der ausschließlichen Anwendung objektiver Fragen im Fragebogen nicht hervorgehen.

Ein alleiniges Abfragen der gefühlten Beanspruchung während einer Simulation kann ebenfalls nicht als ausreichend angesehen werden, da aus den Antworten der Abfrage keine direkten Aussagen zur Ausprägung des vorhandenen Situationsbewusstseins abgeleitet werden. Diese sind jedoch erforderlich, um Faktoren, welche das Situationsbewusstsein beeinflussen oder auch die Auswirkung einzelner Änderungen im System detailliert beurteilen zu können.

Frage 1: Fühlen Sie sich in der Ausführung der Simulation überlastet?

Beantwortung: durch Ankreuzen (Auswahl „JA“ / „NEIN“)

Frage 2: Sofern Sie Frage 1 mit „NEIN“ beantwortet haben, wie stark fühlen Sie sich belastet?

Beantwortung: durch Ankreuzen (Auswahl eines von sechs Feldern, Feld 1 = „nicht belastet“, Feld 6 = „sehr stark belastet“)

Anmerkungen:

- Die Fragen 1 und 2 beziehen sich auf die gesamte Zeitspanne einer unmittelbar zuvor erfolgten Simulation.
- Da eine Auswahl der mittleren Antwortmöglichkeit (also beispielsweise des Auswahlfeldes „3“ bei einer Intervallskala von „1“ bis „5“) nicht nur eine tatsächlich gefällte Antwort widerspiegelt sondern auch einen Verzicht auf eine eindeutige Beantwortung darstellen kann, ist es grundsätzlich vorteilhaft, eine gerade Anzahl an Ankreuzmöglichkeiten vorzusehen [LOS12].
- Unter Berücksichtigung einer im Vorfeld vorgesehenen ungefähren Anzahl von 5 Simulationsläufen wurde bei der Anwendung der Frage im Untersuchungsbeispiel eine sechsstufige Intervallskala vorgesehen. Eine geringere Zahl an Ankreuzmöglichkeiten hätte erwarten lassen, dass verschiedene Simulationsläufe unterschiedlicher Zugzahl unter Umständen dem gleichen Zahlenwert zugeordnet worden wären, obwohl unterschiedliche Beanspruchungen vorlagen. Eine höhere Anzahl an Ankreuzmöglichkeiten wäre möglicherweise mit einer größeren Schwierigkeit in der Zuordnung der tatsächlich empfundenen Beanspruchung zu einer speziellen Stufe einhergegangen und wurde daher ebenso als nicht sinnvoll erachtet.

Frage 3: Wie schwer wäre es Ihrer Meinung, überwachenden Aufgaben in einem Umfang dieser Simulation über einen Zeitraum von mehreren Stunden aufmerksam nachzugehen?

Beantwortung: durch Ankreuzen (Auswahl eines von sechs Feldern, Feld 1 = „sehr einfach“, Feld 6 = „sehr schwer“)

Anmerkung: Im Praxisbetrieb sind derartige Aufgaben nicht nur über die kurze Zeitspanne einer Simulation auszuführen, sondern über die gesamte Arbeitszeit des zugehörigen Bedieners. Die Frage dient zur Abschätzung, inwiefern es die Probanden für möglich halten, den überwachenden Aufgaben einer kurzen Untersuchung über einen längeren Zeitraum, wie einem gesamten Arbeitstag, konzentriert nachzugehen.

Das angewandte Fragebogendesign wird im Anhang 1 beschrieben.

6.6.6 Abfolge der Fragen im Fragebogen und Auswertungsgrößen der Untersuchung

In der Untersuchung wurden die Fragen in den zwei beschriebenen Blöcken zum unmittelbaren Situationsbewusstsein bzw. zur subjektiven Einschätzung der Beanspruchung angeordnet. Grundsätzlich erscheint es sinnvoll, nach dem „Einfrieren“ der Simulation unmittelbar mit

der Abfrage über die aktuelle Situation, also zum eigentlichen Situationsbewusstsein, zu beginnen. Die alternative Variante, zuerst Fragen zur subjektiven Einschätzung zu stellen, könnte dazu führen kann, dass die dann erst anschließend folgenden Fragen zum Situationsbewusstsein aufgrund der zwangsläufig entstehenden größeren Zeitspanne zum zurückliegenden Ende der Simulation nur noch in schlechterem Maße beantwortet werden können. Ein derartiges Vorgehen erscheint nicht repräsentativ, da der Fahrdienstleiter beim Eintritt einer Störung stets auf seine unmittelbar vorhandenen Kenntnisse zurückgreifen kann.

Zur Beantwortung der Fragen zum subjektiven Empfinden wurden die Probanden der ausgeführten Untersuchung besonders darauf hingewiesen, die Fragen unabhängig von ihren zuvor gegebenen Antworten zum Situationsbewusstsein, also ausschließlich in Bezug auf die Simulation zu beantworten. Anderenfalls ist denkbar, dass ein Proband, welcher die Fragen zur Situation kaum beantworten kann, durch seine Beantwortung angeregt wird, auch die Fragen zum subjektiven Empfinden negativ zu erwidern, obwohl unter Umständen keine entsprechende Beanspruchung vorgelegen hat.

In der ausgeführten Untersuchung erschien es nicht sinnvoll, die Reihenfolge der Fragen entsprechend den Empfehlungen nach Endsley innerhalb der Frageblöcke variabel zu gestalten. Bei einheitlicher Anordnung von Fragen ist es zwar möglich, dass über die gesamte Simulation Reihenfolgeeffekte entstehen, indem beispielsweise der Frage 1 als Einstiegsfrage eine höhere Bedeutung zugewiesen werden kann, als wenn sich diese an anderer Position befinden würde. Derartige Effekte verhalten sich jedoch bei einheitlicher Positionierung der Fragen im Fragebogen in konstantem Umfang: Bei der ausgeführten Auswertung sollte nicht angestrebt werden, die Anteile korrekt gegebener Antworten zu verschiedenen Fragen untereinander zu vergleichen. Stattdessen sollten die Ergebnisse zu den unterschiedlichen Simulationsläufen fragenweise vergleichend betrachtet werden. Um bei einem derartigen Vorgehen eine möglichst repräsentative Auswertung gewährleisten zu können, erscheint eine einheitliche Abfolge der Fragen über alle Simulationsläufe ganz besonders sinnvoll, weil nur so mögliche Effekte einer Positionierung der Fragen vermieden bzw. beim fragenweisen Vergleich der Antworten zwischen den verschiedenen Simulationsläufen nivelliert werden können. Eine unterschiedliche Reihenfolge in der Anordnung von Fragen im Fragebogen könnte auch im Hinblick auf deren Beantwortung mit Schwierigkeiten verbunden sein, wenn verschiedene Fragen – wie in der ausgeführten Untersuchung – inhaltlich aufeinander aufbauen.

Sowohl bei einer verhältnismäßig geringen Anzahl an Probanden als auch bei einer sehr begrenzten Maximalzahl an sinnvollen Fragen ist es kaum möglich, einen größeren Fragenpool zu entwickeln und aus den bestehenden Fragen eine zufällige Auswahl zu treffen, welche innerhalb eines Simulationslaufs abgefragt wird. Zusammengefasst bestand ein Fragebogen der ausgeführten Untersuchung demnach aus der Gesamtzahl an Fragen, welche in den Abschnitten 6.6.4 sowie 6.6.5 beschrieben worden sind, in der dort aufgeführten Abfolge. Die Fragen zu objektiven Kenntnissen wurden im Fragebogen als „Teil A“ dargestellt, Fragen zu subjektiven Kenntnissen als „Teil B“.

6.7 Übersicht zur Durchführung der Beispieluntersuchung

Zur Untersuchung des Situationsbewusstseins unter verschiedenen Anzahlen an Zügen wurden mehrere Simulationsläufe ausgeführt, für welche als niedrigste Auslastung im Bedienbereich die zeitgleiche Nutzung durch vier Zugbewegungen gewählt wurde. Die Netzauslastungen nahmen zwischen den einzelnen Simulationsläufen kontinuierlich um zwei Zugbewegungen zu. Als Vorbereitung zu den Läufen des eigentlichen Experiments wurden neben einer Einführungsveranstaltung drei Simulationsläufe zur Übung ausgeführt. Diese verfügten bereits über eine unterschiedliche Anzahl an Zügen im Bedienbereich. Die eigentliche Untersuchung bestand aus einer wiederkehrenden Abfolge von Simulation, Beantwortung des Fragebogens und einer anschließenden Pause. Die Probanden sollten im Fragebogen die Ist-Situation möglichst präsent wiedergeben, auf längere Zeitspannen zum Nachdenken verzichten, jedoch nach Möglichkeit alle Fragen beantworten. Die Beantwortung der Fragebögen im zweiten und dritten vorbereitenden Simulationslauf diente als Übung der schnellen Beantwortung. Im ersten vorbereitenden Simulationslauf wurden die Fragen zunächst erläutert und am nicht abgedeckten Bildschirm beantwortet. Eine zeitlich unbegrenzte Bearbeitungsphase, welche in einer vollständig korrekten Beantwortung der Fragen resultierte, wurde als Nachweis eines ausreichenden Verständnisses für Fragen und Simulation angesehen.

Zur Erlangung möglichst umfassender Kenntnisse der Simulationseigenschaften sowie zum Fragebogen wurden im Rahmen der ausgeführten Untersuchung die im Anhang 2 dargestellten Unterlagen ausgehändigt. Diese bestehen aus einer Zusammenfassung von wichtigen Informationen zur planmäßig vorgesehenen Nutzung der Gleisinfrastruktur in den Simulationsläufen sowie aus der Betrachtung eines Betriebsbeispiels mit zugehöriger Musterbeantwortung des Teils A aus dem Fragebogen. Das Betriebsbeispiel beschreibt eine konkrete betriebliche Situation. In dieser befinden sich im Bedienbereich 6 Züge und es besteht die Notwendigkeit, eine außerplanmäßige Überholung zwischen zwei Zugfahrten vorzusehen.

Während der aufeinanderfolgenden Ausführung mehrerer Simulationsläufe ist es theoretisch möglich, dass ein Proband die Situation aus der Simulation eines vorherigen Simulationslaufs „n“ noch präsent hat und sich in der Beantwortung der Fragen zum Simulationslauf „n+1“ fälschlicherweise auf den Simulationslauf „n“ bezieht. Um dieses zu vermeiden, wurde zwischen der Beantwortung der Fragebögen und der jeweils nachfolgenden Simulation eine Pause von fünf Minuten vorgesehen. Während diesen Pausen waren ablenkende, nicht fachliche Gespräche zwischen den Probanden durchaus erwünscht. Zwischen Simulation und Beantwortung der Fragebögen wurde hingegen keine Pause vorgesehen. Stattdessen wurde unmittelbar nach dem für die Probanden unerwartet auftretenden „Einfrieren“ der Simulation mit der Beantwortung der Fragebögen begonnen.

In den Tabellen 32 und 33 werden die Phasen der Untersuchung mit ihren ungefähren Zeitdauern und Zugzahlen der Simulationen für die Vorbereitung und Durchführung des Simulationsexperiments zusammengefasst. In der Untersuchung war angestrebt worden, Simulationsläufe bis zu einer derart hohen Netzauslastung durchzuführen, dass der Fragebogenbeantwortung entweder wesentliche Verminderungen im Situationsbewusstsein gegenüber den vorherigen Läufen niedriger Netzauslastung entnommen werden konnten oder aber die Fragen

zur subjektiven Einschätzung eine Überbelastung bei einem hohen Anteil der Teilnehmer erkennen ließen. Dies führte zur Durchführung von 5 Simulationsläufen bis zu einer Anzahl von 12 Zügen.

Tabelle 32 Phasen der Simulationsläufe in der Vorbereitung des Simulationsexperiments

Phase	E	V1	F1V	P	V2	F2V	P	V3	F3V	P
Dauer (min)	-*	6	-*	5	6	4	5	6	4	5
Anzahl Züge	-	2	-	-	4	-	-	6	-	-
V1...3 - Vorbereitende Simulationen F1V...3V - Beantwortung der Fragebögen zu den vorbereitenden Simulationen P - Pausen E - Einführung *) Ohne zeitliche Begrenzung, da zunächst grundsätzliche Einführung sowie Erläuterung der Fragen										

Tabelle 33 Phasen der Simulationsläufe im eigentlichen Simulationsexperiment

Phase	S1	F1	P	S2	F2	P	S3	F3	P
Dauer (min)	6	4	5	6	4	5	6	4	5
Anzahl Züge	4	-	-	6	-	-	8	-	-
Phase	S4	F4	P	S5	F5				
Dauer (min)	6	4	5	6	4				
Anzahl Züge	10	-	-	12	-				
S1...5 - Simulationen F1...5 - Beantwortung der Fragebögen zu den Simulationen P - Pausen									

7 Ergebnisse der Simulationsuntersuchung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Simulationsuntersuchung zusammenfassend erläutert. Eine detaillierte Darstellung der Untersuchungsergebnisse sowie weitere Informationen zur Auswertung können im Anhang 4 eingesehen werden.

Wesentlicher Gegenstand der Untersuchungsauswertung ist die Analyse von Antworten zu den Fragen des Fragebogens. Neben einer unmittelbar rechnerischen Auswertung bietet es sich ergänzend an, weitere Betrachtungen mittels der Auswertung über Bildschirmansichten anzustellen. Die zweite Auswertungsmethode ermöglicht eine Generierung von Ergebnissen, welche rein rechnerisch nicht bzw. nur schwer durchzuführen wäre.

7.1 Rechnerische Auswertung

Die Untersuchung erfolgte über mehrere Simulationsläufe einer einheitlichen Gruppe an Probanden mittels eines einheitlichen Fragebogens. Es ergeben sich verschiedene Möglichkeiten einer rechnerischen Auswertung korrekter Antworten.

7.1.1 Grundsätzliche Möglichkeiten der rechnerischen Auswertung

Teil A des Fragebogens

Es ist grundsätzlich möglich, Auswertungen für einzelne Probanden oder aber die Summe mehrerer bzw. aller Probanden auszuführen sowie für die unterschiedlichen Netzauslastungen, also für die einzelnen Simulationsläufe. Im Allgemeinen hängt die anzuwendende Variante der Auswertung von der zu untersuchenden Fragestellung ab. Im Fall der beschriebenen Untersuchungsziele ist es sinnvoll, fragenweise den Anteil korrekt wiedergegebener Antworten in Abhängigkeit der Netzauslastung zu betrachten.

Unabhängig von der getroffenen Wahl anzuwendender Auswertungsmöglichkeiten setzt deren Anwendung die Ermittlung von einzelnen Größen aus den Ergebnissen der Fragebögen voraus. Auswertungsgrößen können auf verschiedene Arten bestimmt werden. Dieses hängt im Wesentlichen von der Art der Beantwortung einer Frage ab. Die Beantwortung von Fragen der Beispieluntersuchung, welche vom Probanden ein Ankreuzen vorherrschender Zustände in einer Abbildung verlangt (Fragen 1 und 2), lässt sich nicht über unmittelbar angegebene und direkt ablesbare Zahlenwerte auswerten. Stattdessen kann eine Auswertung über die absolute Anzahl korrekt gesetzter Kreuze bzw. die Anzahl an Fehlern oder auch im Fall von Fehlern über die Abweichung zur Sollangabe erfolgen. Geringe Abweichungen in den Antworten müssen so nicht als „falsche“ Antwort gewertet werden und einer fehlenden Beantwortung gleichgesetzt werden.

Fragen, die eine Angabe von absoluten Zahlen erfordern (Frage 3), lassen sich direkt über die vom Probanden gegebenen Antworten auswerten.

Im Anhang 4 werden verschiedene Auswertungsmöglichkeiten zu den einzelnen Fragen beschrieben und deren Wertepaare als prozentualer Anteil korrekter Antworten zu der zugehörigen Zugzahl im Bedienbereich berechnet. Meist lässt sich nicht sagen, inwiefern eine bestimmte Auswertungsmöglichkeit grundsätzlich zur Anwendung geeignet ist. Jede Auswertungsmöglichkeit verfolgt ihre eigene Zielstellung. Für die Betriebsdurchführung in der Praxis ist es allerdings nicht relevant, ob ein Proband ausschließlich die gesamte Anzahl der Zugfahrten in seinem Bedienbereich erkennt bzw. wiedergeben kann. Stattdessen ist einer detaillierteren Auswertung der Vorzug zu geben²⁹.

Teil B des Fragebogens

Auch hier wäre es grundsätzlich möglich, wie bereits für den Teil A des Fragebogens beschrieben, Auswertungen für einzelne Probanden oder aber die Summe mehrerer bzw. aller Probanden auszuführen. Zur Ermöglichung eines Vergleichs der Antworten zu Fragen im Hinblick auf objektive Kenntnisse und der Selbsteinschätzung sollte die Auswertung analog zum Teil A die Darstellung der Antworten in Abhängigkeit von der Zugzahl im Bedienbereich umfassen.

Im Gegensatz zu den Fragen 2 und 3 bietet es sich bei Frage 1 aufgrund von nur zwei Antwortmöglichkeiten nicht an, einen Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Probandenbelastung und der zugehörigen Zugzahl als graphischen Verlauf zu betrachten.

Da die Fragen zur Beurteilung des subjektiven Empfindens dienen, ergibt sich hier im Gegensatz zur Auswertung der Fragen des Teils A nicht die Problematik der Gewichtung inkorrektur Antworten. Die Auswertung der Fragen und die Bestimmung relevanter Auswertungsgrößen können aus Betrachtung der unmittelbaren Antworten erfolgen.

7.1.2 Beschreibung der relevanten Auswertungsgrößen

Teil A des Fragebogens

Als relevante Auswertungsgröße zu den Fragen 1 und 2 wird zunächst der Quotient aus der Anzahl insgesamt erkannter bzw. wiedergegebener Züge und deren Gesamtzahl über die Summe der Probanden (Beispiel: 6-Züge-Simulationslauf ergibt bei 10 Probanden eine Summe von 60 insgesamt wiederzugebenden Zugfahrten) aus der Grobskizze gebildet. Bei der Auswertung der Feinskizze werden Fehler geringer Abweichungen in den angekreuzten Belegungsabschnitten berücksichtigt, indem ein fälschlich angekreuzter, unmittelbar benachbarter oder aber in der Darstellung paralleler Abschnitt mit einem hier beliebig ausgewählten Faktor von 0,5 gegenüber einem korrekt angekreuzten Abschnitt gewertet wird. Die Wertung derartiger geringer Abweichungen erscheint sinnvoll, da der Proband in diesem Fall durchaus die Zugfahrt bemerkt hat und zumindest ihre ungefähre Lage im Bedienbereich wiedergeben konnte. Eine geringfügig fehlerhafte Information wird hier als wertvoller angesehen als die Unterlassung eines Ankreuzens und daher auch entsprechend gewertet.

²⁹ Siehe auch Anhang 4.1, Vergleich der ersten beiden Spalten zur rechnerischen Auswertung (in der dortigen Tabelle als Spalten 4 und 5 bezeichnet)

Die Auswertung der Frage 3 wird als direkter Vergleich der angegebenen Zahlenwerte mit dem jeweiligen Sollwert ausgeführt. Dabei werden Abweichungen von maximal einer Minute in der Angabe der Maximalverspätung im Bedienbereich als korrekt bewertet, sofern diese Zahl bis einige Zeit vor Simulationsende am Bildschirm angezeigt worden ist. Dieses hat den Hintergrund, dass beispielsweise im Simulationslauf mit 12 Zügen die Zugfahrt mit der größten Verspätung eine Änderung der Angabe an Verspätungsminuten von +13 auf +14 erst wenige Sekunden vor Simulationsende erfahren hat.

Zur Ermittlung des prozentualen Anteils korrekt wiedergegebener Zuggattungen auf Basis der Beantwortung von Frage 4 wird, analog zur Auswertung der Fragen 1 und 2, die Summe an wiedergegebenen Zuggattungen in Relation zur Gesamtzahl vorhandener Zuggattungen ermittelt. Kleine Fehler im Setzen der Kreuze von Belegungen führen hier nicht nochmals zu negativen Bewertungen, da dieses schon in den Fragen 1 bzw. 2 berücksichtigt wird. Eine gesetzte Angabe wird stattdessen auch dann als korrekt bewertet, wenn eine Belegung zwar nicht fehlerfrei wiedergegeben wurde, das Kreuz mit der zugehörigen Zuggattung jedoch eindeutig einer Zugfahrt der vorgegebenen Situation korrekt zugeordnet werden kann³⁰. Eine eindeutige Zuordnung wird dann als gegeben angesehen, wenn die Fahrtrichtung einer Zugfahrt und die Reihenfolge der Anordnung verschiedener Züge einer Fahrtrichtung korrekt wiedergegeben wurden, da diese Eigenschaften als wesentliche Faktoren der Ableitung von Dispositionsentscheidungen betrachtet werden können. Bei Frage 4 wird zusätzlich bestimmt, inwiefern Züge höherer Priorisierung mit einer anderen Häufigkeit wiedergegeben wurden als Züge niedrigerer Priorisierung. Da in den verschiedenen angewandten Simulationsläufen jeweils nicht ausnahmslos Zugfahrten der gleichen Zuggattungen anzutreffen waren, ist eine gattungsweise Betrachtung nicht als sinnvoll anzusehen. Stattdessen wird in der Auswertung zwischen der Wiedergabe sämtlicher Reise- und Güterzüge unterschieden.

Bei der Auswertung der korrekten Wiedergabe von Überholungen bzw. Kreuzungen zur Frage 5 werden geringe Abweichungen in den Antworten ebenfalls nicht negativ berücksichtigt, sofern es sich um Folgefehler aus vorherigen Fragen handelt. Im Vordergrund steht stattdessen die grundsätzliche Erkennung einer Situation. Die Erkennung und Wiedergabe beider vorhandener Situationen im 4-Züge-Beispiel, der einzelnen Situation in den Beispielen mit 6, 8 und 10 Zügen und das Erkennen keines notwendigen Eingriffs im 12-Züge-Beispiel erforderten unterschiedliche mentale Komplexitäten. Es ist nicht sinnvoll, dass die Frage nur dann als korrekt beantwortet angesehen wird, wenn beispielsweise im Simulationslauf mit 4 Zügen tatsächlich beide Situationen korrekt wiedergegeben wurden, im Simulationslauf mit 6 Zügen hingegen nur die eine vorherrschende Situation. Zum Erhalt vergleichbarer Ergebnisse wird angenommen, dass eine Frage dann als korrekt beantwortet betrachtet werden kann, wenn

³⁰ Die Aufbereitung der Ergebnisse aus den beantworteten Fragebögen zeigt hier: Eine alternative Gestaltung dieser Frage, beispielsweise über die Vorgabe einer Bildschirmansicht mit bereits eingezeichneten Zugpositionen unter Ausblendung der zugehörigen Zugnummern, könnte zu aussagekräftigeren Ergebnissen führen, was die Zuordnung von Zuggattungen betrifft. In diesem Fall ist die Auswertung eindeutiger, indem Zuggattungen ganz konkreten Zügen zugeordnet werden. Eine derartige Gestaltung der Frage setzt jedoch voraus, dass diese im Fragebogen an letzter Stelle gestellt werden müsste. Dadurch kann vermieden werden, dass ein Proband die vorgegebenen Positionierungen zur Beantwortung der übrigen Fragen nutzen kann.

mindestens eine eingriffserfordernde Situation korrekt wiedergegeben wurde bzw. die Tatsache, dass kein Eingriffspotenzial vorhanden ist.

Die für die weitere Betrachtung als sinnvoll erachteten Auswertungsgrößen werden zusammenfassend in Tabelle 34 beschrieben.

Tabelle 34 Relevante Auswertungsgrößen, Teil A

Frage	Relevante Auswertungsgrößen der Betrachtung nach unterschiedlichen Fragen und Simulationsläufen
1	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Zugpositionen in der Grobskizze (Anhang 4.1, Spalte 5)
	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Zugpositionen (Feinskizze) unter Berücksichtigung geringer Abweichungen (Anhang 4.1, Spalte 8)
2	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Zugpositionen in der Grobskizze (Anhang 4.2, Spalte 5)
	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Zugpositionen (Feinskizze) unter Berücksichtigung geringer Abweichungen (Anhang 4.2, Spalte 8)
3	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Maximalverspätung (Anhang 4.3, Spalte 2)
4	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Zuggattungen (Anhang 4.4, Spalte 5)
	Prozentualer Anteil korrekt erkannter Personenzüge (ICE / IC / RE / S) im Simulationslauf (Anhang 4.4, Spalte 6)
	Prozentualer Anteil korrekt erkannter Güterzüge im Simulationslauf (Anhang 4.4, Spalte 7)
5	Prozentualer Anteil jeweils korrekt wiedergegebener Situationen (Anhang 4.5, Spalte 7)

Teil B des Fragebogens

Die Fragen 2 und 3 lassen sich unmittelbar über den angekreuzten Skalenwert aller Fragebögen auswerten, da die Probanden aufgefordert waren, in jedem Fall einen Wert zwischen 1 und 6 anzukreuzen. Frage 2 kann entsprechend der zugehörigen Fragestellung auch in der Auswertung als ergänzend zur Frage 1 angesehen werden. Während Frage 1 eine Erfassung der absoluten Anzahl der sich in einem Simulationslauf überlastet bzw. nicht überlastet fühlenden Probanden erlaubt, bietet Frage 2 eine detailreichere Beurteilung der Belastung. Daher wird eine Konzentration auf die Frage 2 an dieser Stelle als ausreichend angesehen. Die Auswertung der Fragen 2 und 3 erfolgt über die Berechnung der Mittelwerte zu den einzelnen Simulationsläufen.

Tabelle 35 Relevante Auswertungsgrößen, Teil B

Frage	Relevante Auswertungsgrößen der Betrachtung nach unterschiedlichen Fragen und Simulationsläufen
1 / 2	Mittlerer Wert der Auslastung sich nicht überlastet fühlender Probanden (Anhang 4.6, Spalte 7)
3	Mittlerer Wert des Schwierigkeitsgrads, derartige Aufgaben über mehrere Stunden auszuführen (Anhang 4.6, Spalte 8)

7.1.3 Darstellung der Ergebnisse zu den einzelnen Fragen

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den Fragen des Fragebogens beschrieben. Die Bezeichnungen der Graphen in den Abbildungen beziehen sich auf die Berechnungsspalten der Werte, welche im Anhang 4 detailliert dargestellt werden.

Ergebnisdarstellung zu Frage 1 – Teil A

Die Auswertung der Frage 1 zeigt bei einer Zunahme der Anzahl an Zügen im Bedienbereich einen beständig fallenden Anteil korrekt wiedergegebener Zugfahrten. Die Anteile der korrekten Antworten unter Auswertung der Markierungsbereiche sind für jede Zugzahl höher als unter Berücksichtigung der anzukreuzenden Belegungsabschnitte. Die Differenz zwischen beiden graphischen Verläufen beträgt über die verschiedenen Simulationsläufe zwischen 5 und 14 %.

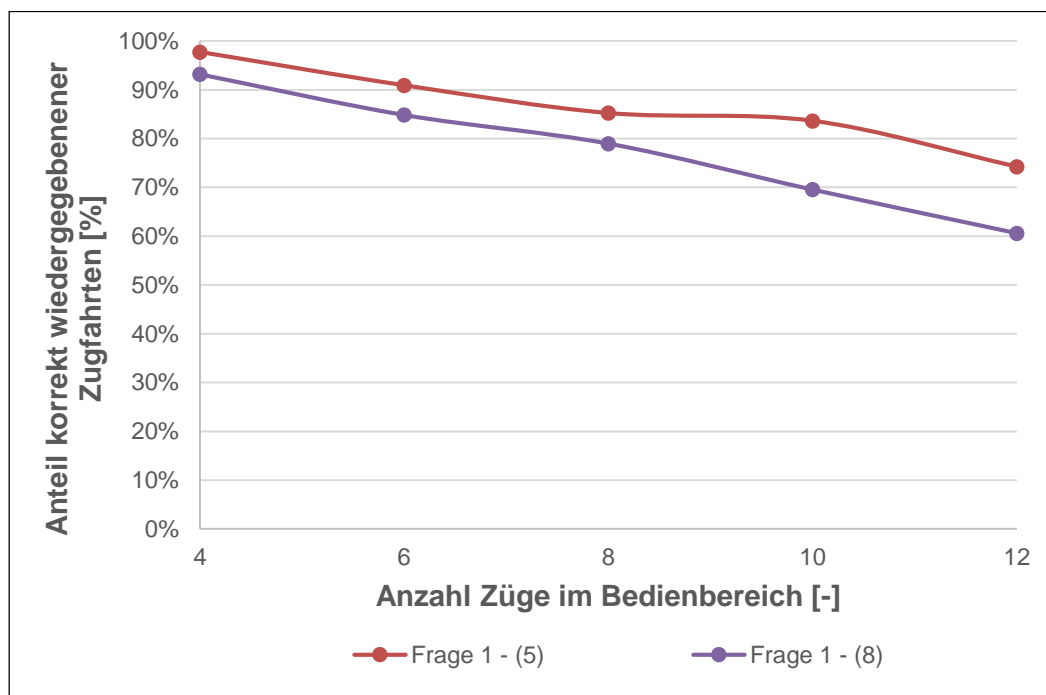


Abbildung 21 Auswertungsdiagramm zu Frage 1

Ergebnisdarstellung zu Frage 2 – Teil A

Die Auswertung der Frage 2 zeigt ebenso wie bei Frage 1 einen erwarteten, kontinuierlich fallenden Anteil korrekt wiedergegebener Zugfahrten bei einer Zunahme der Anzahl an Zügen im Bedienbereich. Die Anteile der korrekten Antworten unter Auswertung der Markierungsgebiete sind analog zur Frage 1 für jede Zugzahl höher, als die Anteile der korrekten Antworten unter Berücksichtigung der anzukreuzenden Belegungsabschnitte. Da sowohl Frage 1 als auch Frage 2 gleichermaßen bezüglich der korrekten Positionierung gesetzter Kreuze ausgewertet werden, lassen sich die Ergebnisse beider Fragen auch quantitativ vergleichen. Beim Vergleich der Ergebnisse zu Frage 2 mit den Auswertungsdiagrammen zu Frage 1 wird deutlich, dass insbesondere die geringe Zunahme der Zugzahlen von 4 auf 6 Züge bei Frage 2 zu einem sehr starken Rückgang des Anteils korrekt gegebener Antworten führt. Dieser beträgt bei Betrachtung der Auswertung zu den angekreuzten Belegungsabschnitten bei 6 Zügen lediglich 60 % und entspricht damit fast dem Anteil zu Frage 1 bei 12 Zügen.

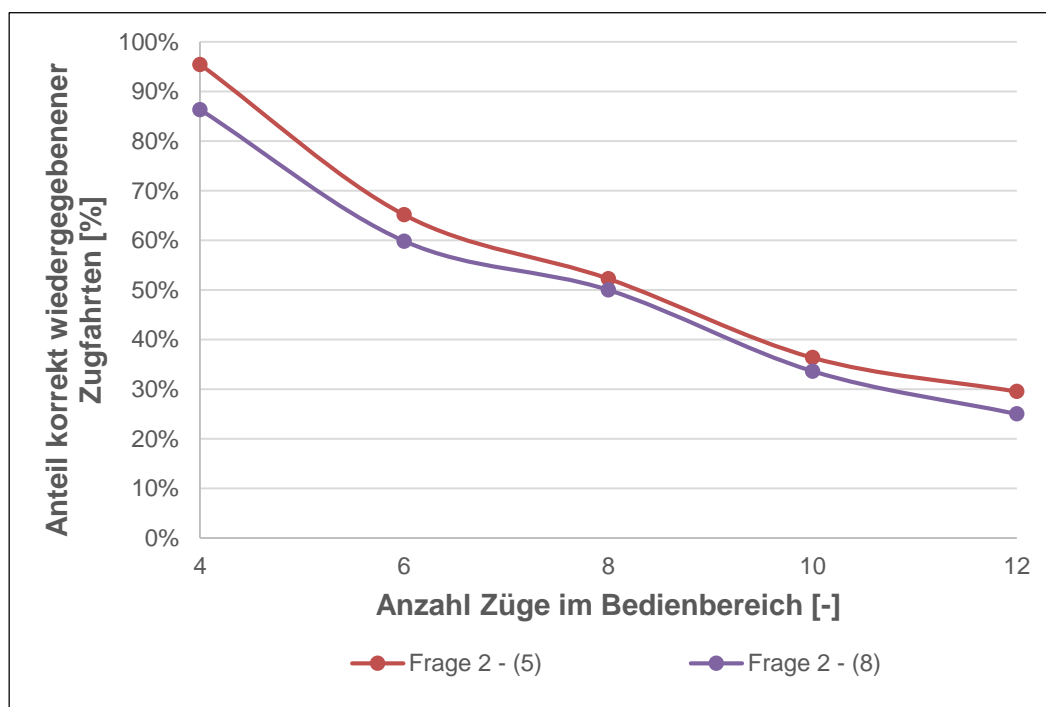


Abbildung 22 Auswertungsdiagramm zu Frage 2

Ergebnisdarstellung zu Frage 3 – Teil A

Die Auswertung zeigt, dass sowohl zum Simulationslauf mit 4 als auch zu dem mit 6 Zügen die Gesamtzahl von 11 Probanden die Frage korrekt beantwortet hat. Für die Simulationsläufe mit höheren Zugzahlen ist Frage 3 von konstant 9 Probanden (82 %) korrekt beantwortet worden. Zum Simulationslauf mit 12 Zügen wurde die größte Verspätung lediglich von 2 Probanden korrekt mit 14 Minuten wiedergegeben. Weitere 7 Probanden machten eine Angabe von 13 Minuten (siehe Anhang 4.3).

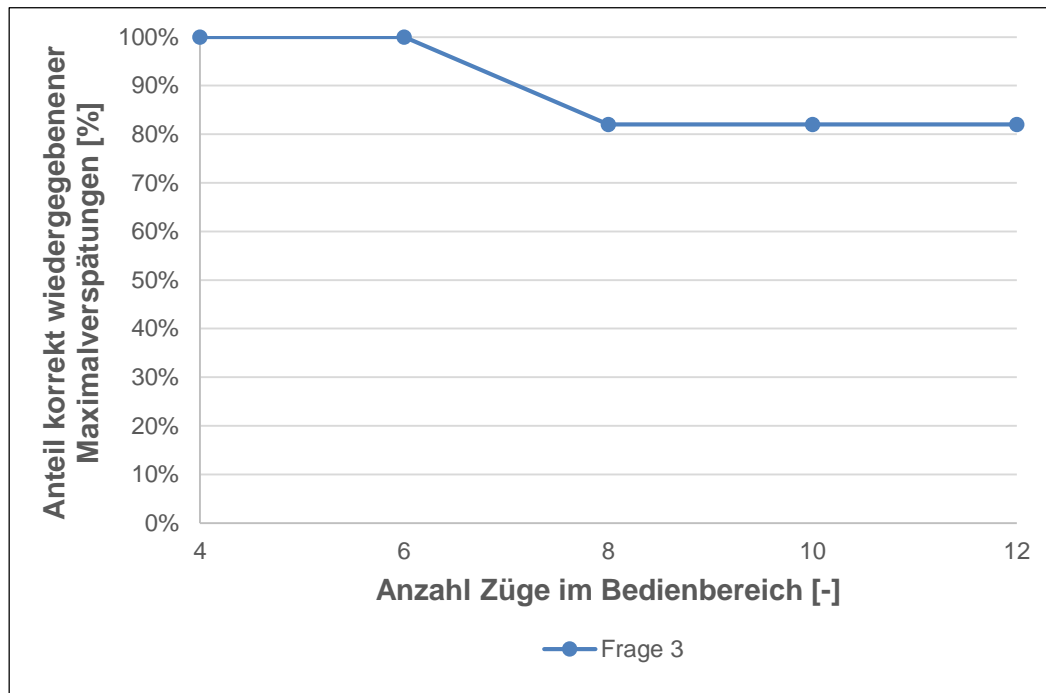


Abbildung 23 Auswertungsdiagramm zu Frage 3

Ergebnisdarstellung zu Frage 4 – Teil A

Die Auswertung der Frage 4 zeigt ebenso, dass bei einer Anzahl von 4 Zügen im Simulationslauf eine Wiedergabe der korrekten Antworten um nahezu 100 % erfolgt ist. Zwischen den Simulationsläufen mit 8 und 10 Zügen geht der prozentuale Anteil korrekter Antworten deutlich zurück. Der Rückgang beträgt über alle Zuggattungen 32 %. Höhere sowie niedrigere Zugzahlen zeigen eine Abflachung des graphischen Verlaufs, bzw. zwischen den Simulationsläufen mit 10 und 12 Zügen einen leichten Anstieg korrekter Antworten bei Betrachtung von Güterzügen sowie über alle Zugfahrten.

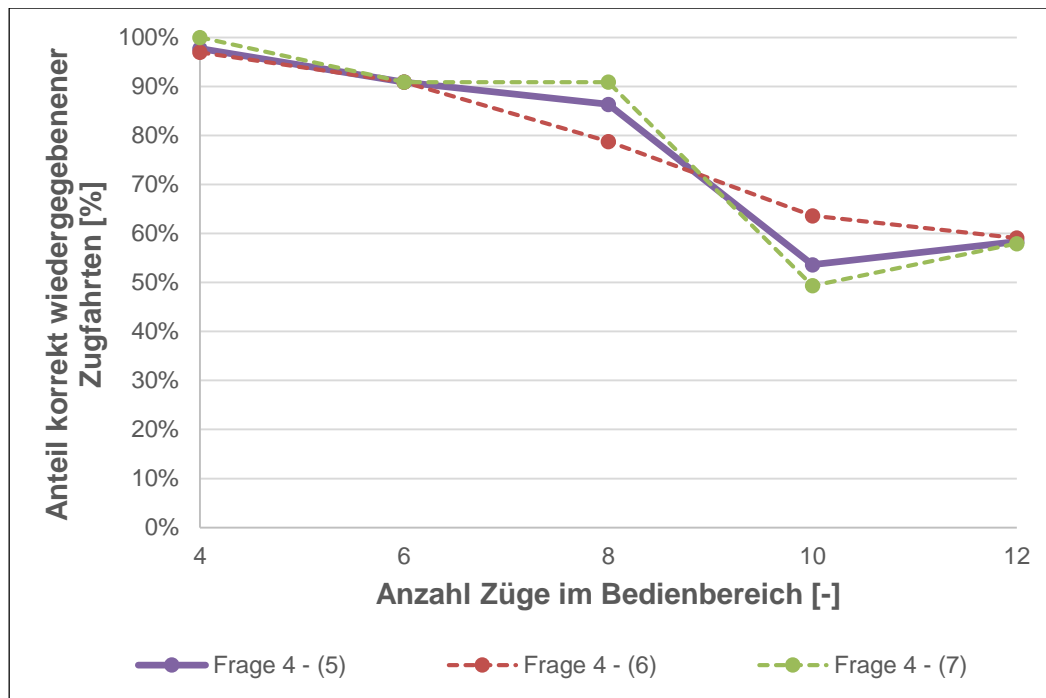


Abbildung 24 Auswertungsdiagramm zu Frage 4

Ergebnisdarstellung zu Frage 5 – Teil A

Unter der Annahme, dass zum 4-Züge-Simulationslauf mindestens eine der beiden Situationen, welche das Erfordernis eines manuellen Eingriffs beschreiben, wiedergegeben worden ist, beträgt der Anteil korrekter Antworten für den 4- sowie 6-Züge-Simulationslauf 100 %. Mit zunehmender Netzauslastung fällt der Anteil korrekt gegebener Situationen zunächst auf 64 % ab, steigt jedoch bei 12 Zügen wieder auf 73 %.

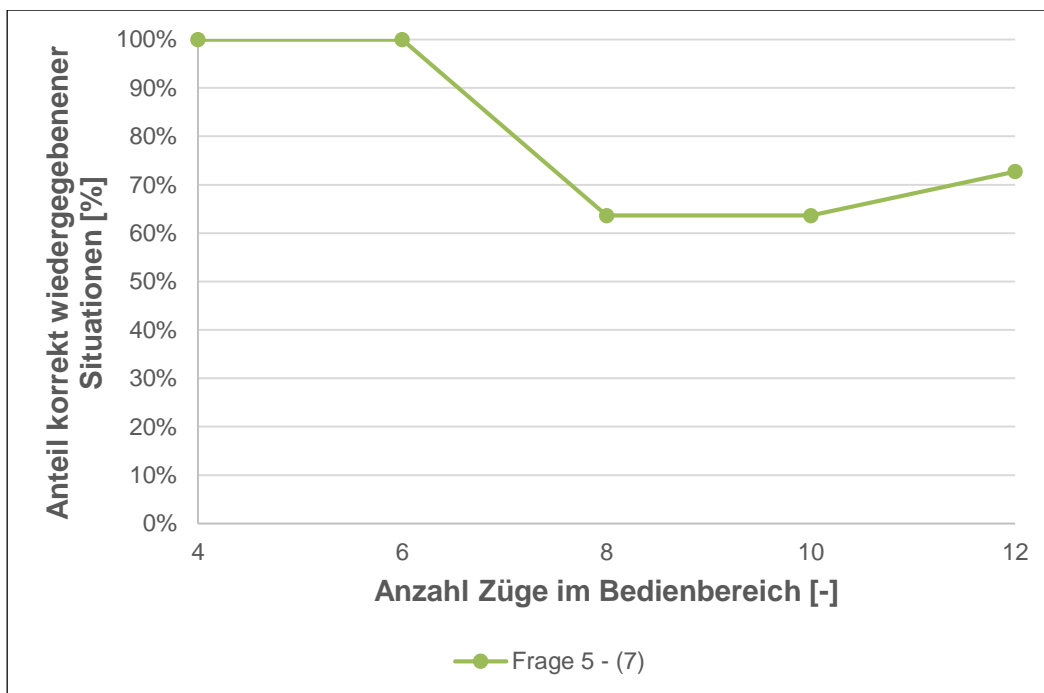


Abbildung 25 Auswertungsdiagramm zu Frage 5

Ergebnisdarstellung zum Fragenteil B

Die Ergebnisse zur Frage 2 im Fragenteil B zeigen für den 4-Züge-Simulationslauf den mit 2,3 geringsten Wert. Dieser steigt bis zu den Simulationen mit 12 Zügen auf ein Maximum von 6,0 an. Die Steigerungen der empfundenen Belastungen sind zwischen den Simulationsläufen mit 4 und 6 Zügen sowie zwischen 10 und 12 Zügen eher gering, wogegen zwischen den Simulationsläufen mit 6, 8 bzw. 10 Zügen stärkere Steigerungen erkennbar sind. Eine ähnliche Tendenz zeigt sich bei der Frage nach der Einschätzung des Schwierigkeitsgrads, eine derartige überwachende Aufgabe über mehrere Stunden auszuführen. Hier fallen die Ergebniswerte allerdings mit Ausnahme des 12-Züge-Laufs etwas höher aus als die der unmittelbaren Belastung durch den absolvierten Simulationslauf.

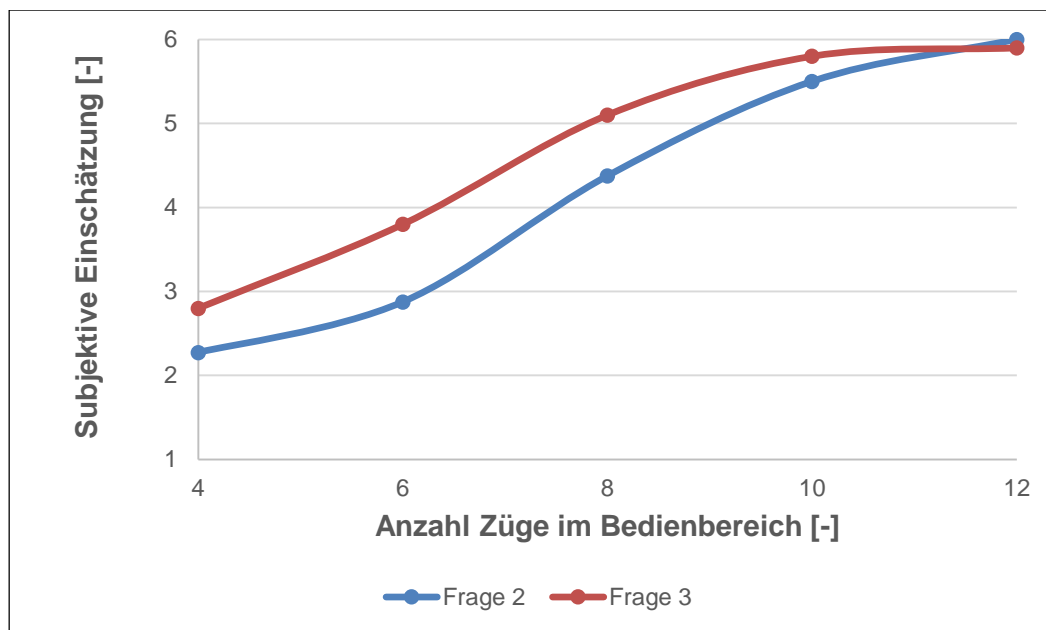


Abbildung 26 Auswertungsdiagramm zum Fragenteil B

7.1.4 Bewertung der Ergebnisse zu den einzelnen Fragen

Frage 1 – Teil A

Ein fallender Anteil korrekt wiedergegebener Zugfahrten unter steigender Zugzahl entspricht den Erwartungen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anteil an korrekten Antworten zu beiden als maßgebend erachteten Auswertungsgrößen für den Simulationslauf mit 4 Zügen mehr als 90 % beträgt. Durch diesen hohen Wert wird bereits bei dieser Frage zum Situationsbewusstsein deutlich, dass sowohl die Anzahl von 4 Zügen als Auslastungsminimum gut gewählt war als auch die vorherige Einführung der Probanden als ausreichend angesehen werden kann. Auch eine hohe Anzahl von 12 Zügen im Bedienbereich geht mit einem vergleichsweise hohen Anteil an korrekt wiedergegebenen Antworten von 61 % bei Betrachtung der Belegungsabschnitte einher.

Eine Erweiterung der Darstellung um einen Auslastungsbereich zwischen 0 und 4 Zügen würde zu einem Abflachen des Anteils korrekt wiedergegebener Zugfahrten führen, indem sich dieser dem Maximalwert von 100 % annähern würde. Ebenso kann erwartet werden, dass eine noch höhere als die betrachtete Maximalzugzahl wieder zu einem Abflachen des graphischen Verlaufs führen würde³¹. Grundsätzlich kann ein derartiger Verlauf damit begründet werden, dass einerseits mit steigender Zugzahl die Anzahl an dargestellten (und aufzunehmenden) Informationen immer weiter steigt, andererseits unabhängig von der Gesamtzahl an Zügen eine nahezu konstante Menge an Informationen vom Bediener bzw. Probanden beherrscht werden kann. Damit bliebe stets ein Restwissen vorhanden, weshalb sich der Kurvenverlauf einem Minimum annähern würde. Diese Vermutung wird durch Auswertung der Frage 2 gestützt.

Frage 2 – Teil A

Im Gegensatz zur Auswertung der Frage 1 zeigt sich, dass in den erzeugten Kurvenverläufen zwischen den höheren Auslastungen (beispielsweise zwischen 10 und 12 Zügen) der Anteil korrekt wiedergegebener Zugfahrten im Vergleich zu anderen untersuchten, benachbarten

³¹ Die Betrachtung einer noch höheren Anzahl an Zügen könnte bei Frage 1 (und auch bei Frage 2) zu der Problematik führen, dass die Ergebnisse aus der Abbildung der Markierungsbereiche verfälscht werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass korrekte Ergebnisse insbesondere bei dieser Abfrage recht einfach „geraten“ werden können. Den Ergebnissen kann also nicht entnommen werden, was der Proband tatsächlich weiß. Bei der Betrachtung konkreter Belegungsabschnitte fällt dieses (je nach Art der Auswertung) vermutlich nicht so stark ins Gewicht. Da hier feinere Antworten erforderlich sind (es gibt sehr viel mehr Belegungsabschnitte als Markierungsbereiche), ist die Wahrscheinlichkeit korrekt geratener Ergebnisse als niedriger einzuschätzen. Die Untersuchungsvariante mit anzukreuzenden Belegungsabschnitten ist daher zu bevorzugen. Die Vorgabe, auch bei einer ungefähren Kenntnis der Position eines Zuges ein Kreuz auf dem Fragebogen zu setzen anstatt auf dieses zu verzichten, kann unter einer entsprechenden Auswertung dazu führen, dass auch mit einer ausschließlichen Betrachtung der detaillierteren Skizze repräsentative Ergebnisse erzielt werden. Das Fehlen einer derartigen Vorgabe kann hingegen dazu führen, dass eine nicht exakte, aber ungefähr vorhandene Kenntnis der Position eines Zuges mit einem fehlenden Ankreuzen einhergeht und genauso ausgewertet wird wie die völlig fehlende Kenntnis einer Zugposition. Dies führt unter Umständen zu nicht repräsentativen Ergebnissen, weil das vorhandene Wissen nicht ausreichend wiedergegeben wird.

Zugzahlen deutlich weniger abnimmt. Dieses Abflachen der Kurve kann als Ausdruck einer zu hohen Anzahl aufzunehmender Informationen angesehen werden und scheint in der Beantwortung der Frage 2 bei einer geringeren Anzahl an Zügen stattzufinden als bei Frage 1. Das kann darauf zurückgeführt werden, dass der Schwierigkeitsgrad der Frage 2 trotz gleicher Ebene des Situationsbewusstseins als höher einzuschätzen ist, da diese inhaltlich auf Frage 1 aufbaut. Ein Vergleich der prozentualen Ergebnisse in den Antworten beider Fragen bestätigt dieses, da der Anteil korrekter Antworten bei Frage 2 weitaus geringer ausfällt als bei Frage 1. In weiteren Untersuchungen könnte beispielsweise die These überprüft werden, dass die graphischen Verläufe beider Antworten sich ähneln, jedoch aufgrund des unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus beider Fragen parallel verschoben sind. Damit könnte der skizzierte graphische Verlauf der Ergebnisse zu Frage 2 als qualitative Fortsetzung des graphischen Verlaufs zur Frage 1 unter noch höherer Zugzahl angesehen werden.

Frage 3 – Teil A

Die graphische Darstellung der Ergebnisse zu Frage 3 lässt einen ähnlichen Verlauf wie zu den Fragen 1 und 2 erwarten, indem auch hier bei steigender Zugzahl mit einem sich beständig verringernden, prozentualen Anteil korrekter Antworten zu rechnen ist. Im Gegensatz zu den Fragen 1 und 2 war hier nur die Wiedergabe eines einzelnen Zahlenwertes gefordert. Die Auswertung zeigt über die 8-, 10- sowie 12-Züge-Simulationsläufe einen konstanten Anteil korrekter Antworten, welcher nicht dem erwarteten Verlauf entspricht. Dies macht besonders deutlich, dass die Fähigkeit zum Wiedergeben einer Situation bzw. die Ausprägung des Situationsbewusstseins im Allgemeinen nicht nur von der Zugzahl im Bedienbereich, sondern von weiteren Faktoren abzuhängen scheint. Die Zeitdauer an sich, über die bis zum Ende einer Simulation eine konstante Verspätungsangabe am Bildschirm angezeigt wird, beeinflusst anscheinend die Fähigkeiten zu deren Wiedergabe durch den Probanden in besonderer Weise. Um weitere mögliche Einflussfaktoren aus der Darstellung der Bedienansicht herzuleiten und deren Auswirkungen auf das Situationsbewusstsein näher zu analysieren, werden die rechnerischen Betrachtungen um Auswertungen über Bildschirmansichten ergänzt.

Frage 4 – Teil A

Eine beispielhafte Betrachtung der Ergebnisse als Aufteilung zwischen Reise- und Güterzuggattungen sollte die These untersuchen, dass Züge höherer Priorität in größerem Umfang wiedergegeben werden können als Züge niedriger Priorität. Die Auswertung zeigt allerdings keine entsprechende Tendenz. So wurde zum Simulationslauf mit 8 Zügen eine um 12 % höhere Anzahl an Güterzügen wiedergegeben, bei 10 Zügen hingegen eine um 15 % höhere Anzahl an Reisezügen.

Die Zunahme des Anteils korrekter Antworten zwischen den Simulationsläufen mit 10 und 12 Zügen, welche sowohl bei Betrachtung der Güterzüge als auch über alle Zugfahrten im Bedienbereich erkannt werden kann, entspricht nicht den Erwartungen. Als Begründung kann auch hier, ebenso wie bei Frage 3 vermutet werden, dass das Situationsbewusstsein maßgebend durch andere Faktoren als der Zugzahl beeinflusst wird.

Frage 5 – Teil A

Um bei den Probanden nach mehreren Simulationen nicht die Erwartung aufkommen zu lassen, es würde stets eine konstante Anzahl an betrieblichen Situationen vorliegen, welche manuelles Eingriffspotenzial erfordern, wurde zwischen den einzelnen Simulationsläufen eine variable Anzahl für sinnvoll erachtet. So wurden die Simulationen derart konstruiert, dass beim 4-Züge-Simulationslauf zwei Situationen vorhanden sind, beim 12-Züge-Simulationslauf keine Situationen und bei den weiteren Läufen jeweils eine Situation. Allerdings ist zu erwarten, dass das Erkennen und Wiedergeben keiner vorhandenen Situation einfacher ist als die eines konkreten Eingriffsbedarfs, zu dem die Probanden auch noch die Betriebsstelle, die Art der dort auszuführenden Dispositionsentscheidung und die betroffenen Zuggattungen wiedergeben sollen. Auch die Auswertung lässt erkennen, dass ein nicht vorhandenes Eingriffspotenzial bei 12 Zügen häufiger korrekt wiedergegeben wurde als die Erkennung einer Situation mit Eingriffspotenzial bei 10 Zügen. Die Erkennung und korrekte Wiedergabe einer einzelnen Situation mit Eingriffsbedarf ist hingegen als einfacher einzuschätzen als die von zwei vorhandenen Situationen. Dieses zeigt sich auch in den detaillierten Ergebnissen der Untersuchung, indem für den Simulationslauf mit 4 Zügen alle 11 Probanden eine Situation korrekt wiedergegeben haben, die zugehörige zweite Situation jedoch nur von 8 Probanden beschrieben wurde. Für den 6-Züge-Simulationslauf ist die einzelne wiederzugegebene Situation von allen Probanden korrekt wiedergegeben worden.

Durch die unterschiedlichen Anforderungen an den Bediener bzw. Probanden wird deutlich, dass sich die Ergebnisse zu den verschiedenen Simulationsläufen über eine prozentuale Betrachtung der korrekten Antworten nicht sinnvoll vergleichen lassen. Auch an dieser Stelle zeigt sich, dass die Anzahl an Zügen nicht die alleinige Größe darzustellen scheint, welche die Fähigkeit zur korrekten Beantwortung einer Frage beeinflusst.

Fragenteil B

Die Verläufe zur Selbsteinschätzung der Probanden entsprechen den Erwartungen. Der verhältnismäßig geringe Zuwachs der als niedrig empfundenen Probandenbelastung zwischen 4 und 6 Zügen zeigt, dass beide Auslastungen ähnlich gut bzw. einfach beherrscht werden konnten. Die Anzahl von 4 Zügen als Minimalwert in der Betrachtung kann auch durch diese Auswertung als passend gewählt angesehen werden. Die Simulation mit 12 Zügen als Maximum ist ebenfalls als geeignet zu betrachten, da nur die hier zugehörigen Ergebnisse mit einem Durchschnittswert der Belastung von nahezu „6“ einhergehen, was einer sehr starken Belastung (Frage 2) bzw. einer sehr hohen Schwierigkeit in der Durchführung (Frage 3) entspricht. Die Einschätzung der Probanden zur Frage 3 zeigt eine nahezu durchgehend höher empfundene Belastung als bei Frage 2. Dieses kann darauf zurückzuführen sein, dass die Probanden

in der Beispieluntersuchung nachvollziehbarerweise das Nachgehen von Aufgaben über mehrere Stunden als schwieriger beurteilten als über den relativ kurzen Zeitraum einer Simulation³².

7.1.5 Zusammenfassung und Ableitung einer ergänzenden Auswertung über Bildschirmansichten

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass sich die graphischen Verläufe zu Situationsbewusstsein und Selbsteinschätzung ähneln bzw. sich bei der hier gewählten Art der Darstellung gespiegelt zueinander verhalten. Dieses erscheint nachvollziehbar, indem eine sehr geringe Einschätzung der Belastung mit einem hohen Situationsbewusstsein einhergeht. Eine hohe Belastung korreliert mit einem gering ausgeprägten Situationsbewusstsein. Die Verläufe sollten sowohl bei niedriger als auch bei hoher Zugzahl abflachende Tendenzen zeigen. Bei steigenden, jedoch sehr niedrigen Zugzahlen ist dieses dadurch bedingt, dass die Situationen fast gleichermaßen gut beherrscht werden können und mit einem hohen und nur kaum absinkenden Situationsbewusstsein einhergehen, bzw. mit einer sehr geringen und kaum ansteigenden Probandenbelastung. Bei sehr hohen, steigenden Zugzahlen ist zu erwarten, dass sich die Selbsteinschätzungen dem Maximalwert annähern. Das Situationsbewusstsein sinkt ebenfalls nur noch geringfügig ab, da zu erwarten ist, dass eine bestimmte Anzahl an Informationen nahezu konstant und unabhängig von der Zugzahl vom Bediener bzw. Probanden beherrscht wird. Die Annahmen führen zu den in Abbildung 27 skizzierten graphischen Verläufen.

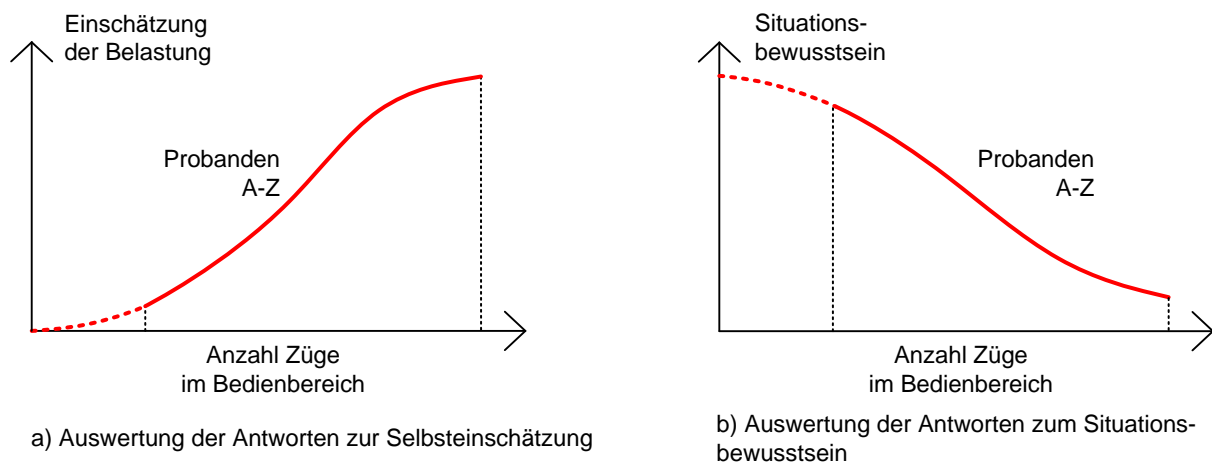


Abbildung 27 Erwartete graphische Verläufe zu Selbsteinschätzung und Situationsbewusstsein

³² Die Auswertung zeigt, dass es zur besseren Vergleichbarkeit geeigneter gewesen wäre, in den Fragen 2 und 3 des Teils B einheitlich entweder die empfundene Belastung oder aber den Schwierigkeitsgrad als anzugebenden Wert vorzusehen. Aufgrund der einheitlich vorgesehenen Art in der Beantwortung beider Fragen mit der gleichen Anzahl an Antwortmöglichkeiten wird hier dennoch von einer uneingeschränkten Vergleichbarkeit ausgegangen.

Die Analyse der Untersuchungsergebnisse zeigt, dass die Beantwortung der Fragen zur Selbsteinschätzung mit ihrem graphischen Verlauf den Erwartungen entspricht. Bei der Auswertung der einzelnen Fragen zum Situationsbewusstsein lässt sich dieses nicht immer erkennen. Dies kann beispielsweise darauf zurückzuführen sein, dass die Selbsteinschätzung zur Beurteilung der gesamten Simulation dient, eine einzelne Frage zum Situationsbewusstsein jedoch nur einen Einzelaspekt der Simulation berücksichtigt und theoretisch erst mit einer Summenbildung der Antworten verschiedener Fragen zu einem vergleichbaren graphischen Verlauf führen würde.

Bei der Auswertung der Einzelfragen lässt sich außerdem erkennen, dass scheinbar mehrere Ursachen dafür verantwortlich sind, dass die erzeugten graphischen Verläufe des Situationsbewusstseins keinem erwarteten Verlauf entsprechen. In bestimmten Fällen, insbesondere in den Simulationsläufen mit höherer Netzauslastung, ist nicht immer ein erwarteter abflachender Verlauf in den graphischen Darstellungen erkennbar. Dieses kann daraus resultieren, dass die gewählte Maximalzahl der Züge im Simulationslauf im Hinblick auf die Frage noch gut beherrscht wurde. Bezogen auf die einzelne Frage waren die Probanden von einer Grenzbelastung also noch weiter entfernt als nach der Selbsteinschätzung über die gesamte Simulation. Besonders deutlich wird dieses bei den Fragen 1 und 2 des Fragebogens, welche qualitativ möglicherweise einen (jeweils unterschiedlichen) Teilverlauf des zugehörigen erwarteten Verlaufs erkennen lassen. Grundsätzlich zeigt sich über die Verläufe der Darstellungen in den Ergebnissen, dass das Situationsbewusstsein zu den einzelnen Simulationsläufen anscheinend auch von anderen Faktoren beeinflusst wurde als ausschließlich von der Zugzahl. So führte beispielsweise eine Zunahme der Zugzahl von 8 bis 12 Zügen bei Frage 3 (Teil A) nicht zur erwarteten Veränderung in den Untersuchungsergebnissen.

Eine konstante Ausprägung vorhandener Einflussfaktoren über die verschiedenen Simulationsläufe würde sich beim Vergleich der zugehörigen Ergebnisse nicht bemerkbar machen. Dies bedeutet, dass eben genau die Faktoren, welche in der Beispieluntersuchung zwischen den verschiedenen Simulationsläufen variierten, die Ergebnisse zu beeinflussen scheinen. Da der Proband sein Situationsbewusstsein ausschließlich mittels Betrachtung der Bildschirmansicht aufbaut, kann direkt analysiert werden, welche bestimmten Faktoren sich ausgewirkt haben könnten. Tabelle 36 fasst die variablen Faktoren zusammen, die unmittelbar aus der Bildschirmansicht zu entnehmen sind³³.

³³ Zusätzlich sind weitere Faktoren denkbar, die nicht unmittelbar der Bildschirmansicht entnommen werden können. So kann eine mentale Weiterverarbeitung der gebotenen Informationen bewirken, dass diese in besserem bzw. schlechterem Umfang beherrscht werden. Eine Zugnummer kann sich beispielsweise besser gemerkt werden, wenn der Bediener bzw. Proband die Zahl (unter Umständen zufällig) mit einer bestimmten Information in seinen Gedanken verbinden kann.

Tabelle 36 Eigenschaften der Bildschirmansicht über die verschiedenen Simulationsläufe³⁴

Eigenschaften der Bildschirmansicht	
variabel	nicht variabel
(- Zugzahl) - Verweildauer im Belegungsabschnitt - Position der Züge - Farbdarstellung der Züge - Zugnummer - Verspätungsangabe - Ausleuchtung der Fahrstraßen - Ausleuchtung der Signale	- Gleisplan - Grundlegende Eigenschaften der Anzeige

Die Variabilität der Zugzahl stellte das wesentliche Merkmal der ausgeführten Untersuchung dar. Die Ausleuchtungen von Fahrstraßen und Signalen variierten in Abhängigkeit der unterschiedlichen Zugpositionen zwischen den einzelnen Simulationsläufen. Die Informationen derartiger Ausleuchtungen waren aber für die Beantwortung der Fragen eher untergeordneter Bedeutung.

Die Position der Züge im Netz bzw. auf dem Bildschirm verhielt sich zwischen den verschiedenen Simulationsläufen ebenfalls nicht einheitlich, genau wie die Verweildauer der Züge in den Belegungsabschnitten und deren Zugnummern, die Verspätungsangaben und damit auch die Farbdarstellung der einzelnen Züge.

Da die Beantwortung der Fragen die Wiedergabe von unmittelbaren Informationen zu den einzelnen Zugfahrten umfasste, können verschiedene Hypothesen aufgestellt werden, inwiefern eine Variabilität in der Bildschirmansicht das Situationsbewusstsein und so die Ergebnisse zu den einzelnen Fragen beeinflusst. Ein zwischen den verschiedenen Simulationsläufen nicht variables Element der Anzeige stellte der Gleisplan dar. Ebenso verblieben die grundlegenden Anzeigeeigenschaften bzw. die Bedeutungen der einzelnen Darstellungsparameter zwischen den verschiedenen Simulationsläufen einheitlich. Tabelle 37 fasst die Hypothesen zur Beeinflussung des Situationsbewusstseins durch variable Faktoren mit den möglichen unterschiedlichen Ausprägungen zusammen.

³⁴ Bei der Farbdarstellung der Züge geht es hier nicht um die Farbe als solche, also nicht um die Frage, ob ein Zug blauer Farbgebung aufgrund des Farbtons häufiger wiedergegeben wird, als ein Zug grüner Farbgebung. Ein Unterschied in der Wiedergabe wird stattdessen dadurch erwartet, dass z.B. ein blauer Zug dadurch auffällt, dass er eine andere Farbe besitzt als die meisten sonstigen Elemente auf der Bildschirmansicht. Dieses ist hier unabhängig von der eigentlichen Farbe zu sehen. Die positive Wirkung einer auffälligen Farbe auf Wahrnehmung und Wiedergabe bzw. die Möglichkeit zur Erlangung eines höheren Situationsbewusstseins aufgrund einer Darstellung der entsprechenden Informationen in sich abhebender Farbgebung ist beispielsweise auch in [HAL14] beschrieben worden.

Tabelle 37 Hypothesen zur Beeinflussung des Situationsbewusstseins

Mögliche Einflussgrößen		Ausprägungen	Hypothese
Verweildauer im Belegungsabschnitt		länger / kürzer (unterschiedliche Zeitdauern)	1) Je länger sich eine Zugfahrt in einem Belegungsabschnitt befindet, desto mehr Probanden können diesen Zug wiedergeben.
Position des Zuges	auf dem Bildschirm	Mittelbereich / Randbereich (oben / unten / links / rechts)	2) Befindet sich ein Zug in der Mitte des Bildschirms, wird dieser von mehr Probanden wiedergegeben als eine Zugfahrt im Randbereich.
		Schematische Darstellung des Gleisplans (unabhängig von der praktischen Ausgestaltung) eher übersichtlich / eher unübersichtlich	3) Eine Zugfahrt an einer übersichtlichen Position auf dem Bildschirm wird von mehr Probanden wiedergegeben als eine Zugfahrt an einer unübersichtlichen Position.*
	im Netz	Position als gut einprägar / weniger gut einprägar einzuschätzen	4) Eine Zugfahrt an einer gut einprägbaren Position im Gleisplan wird von mehr Probanden wiedergegeben als eine Zugfahrt an einer als weniger gut einprägar einzuschätzenden Position.**
Farbdarstellung eines Zuges		grün / gelb / rot / blau / violett	5) Eine grün dargestellte Zugfahrt kann nur von vergleichsweise wenigen Probanden wiedergegeben werden, da diese Farbe zur Darstellung fast aller Zugfahrten zur Geltung kommt und zudem auch für die Ausleuchtung von Gleisabschnitten eingestellter Fahrstraßen genutzt wird. Damit hebt sich diese im Gegensatz zu anderen farblichen Darstellungen nicht hervor.***
Zugnummer		Variable Zahl	6) Zugnummern, welche sich von denen anderer Züge besonders abheben, werden von mehr Probanden wiedergegeben.****
Verspätungsangabe		Variable Zahl	7) Verspätungen, welche sich von denen anderer Züge besonders abheben, werden von mehr Probanden wiedergegeben.
<p>*) Als eher übersichtlich ist die Darstellung beispielsweise anzusehen, wenn zwischen parallel dargestellten Streckenabschnitten größere räumliche Abstände gegeben sind. Im gewählten Beispiel kann der Bereich des Bahnhof Neustadt damit als übersichtlicher angesehen werden als der Bahnhof Hagen. Dieses muss nicht vom Gleisplan abhängen, sondern kann ausschließlich ein Faktor der Darstellung auf dem Bildschirm sein.</p> <p>**) Als gut einprägar ist eine Position in einem Bahnhofsgleis oder im Gleisabschnitt unmittelbar vor bzw. hinter einer Betriebsstelle anzusehen. Als am wenigsten einprägar wird die Position einer Zugfahrt in einem einheitlich erscheinenden, mehrere Belegungsabschnitte umfassenden Bereich zwischen benachbarten Betriebsstellen eingeschätzt.</p> <p>***) Berücksichtigung der Faktoren „Ausleuchtung der Fahrstraßen“ sowie „Ausleuchtung der Signale“ nach Tabelle 36 als Parameter der farblichen Gesamtdarstellung</p> <p>****) Dies können beispielsweise besondere Ziffernfolgen sein oder auch eine Zugnummer, welche sich in der Anzahl der Ziffern gegenüber anderen Zugnummern hervorhebt.</p>			

7.2 Auswertung über Bildschirmansichten

Zur Bekräftigung der aufgestellten Hypothesen wird die rechnerische Auswertung um eine graphische Auswertung über Bildschirmansichten ergänzt. Die Anwendung einer derartigen Art der ergänzenden Auswertung erscheint besonders sinnvoll, da die Faktoren, welche das Situationsbewusstsein beeinflussen können, auch aus der Bildschirmansicht abgeleitet werden konnten.

7.2.1 Grundlagen für die Bekräftigung von Hypothesen zu möglichen Einflussgrößen

Die ergänzenden Auswertungen können über eine Darstellung der Ergebnisse zu verschiedenen Fragen des Fragebogens mittels Abbildungen des Streckenspiegels erfolgen. Dazu werden die Ergebnisse (angekreuzte Belegungsabschnitte bzw. Markierungsbereiche) beispielsweise zu den einzelnen Simulationsläufen über sämtliche Probanden in Abbildungen des Streckenspiegels eingetragen. Es ist grundsätzlich möglich, eine derartige Auswertung zu allen Fragen auszuführen, welche mittels Ankreuzen von Zugpositionen in Abbildungen eines Bedienbereichs zu beantworten sind. In der ausgeführten Untersuchung handelt es sich dabei um die Fragen 1, 2 und 4 aus dem Teil A des Fragebogens.

Bekräftigung gegenüber Verifikation von Hypothesen

Einer Erstellung von Ergebnisbildern kann unmittelbar entnommen werden, mit welcher Häufigkeit konkrete Züge in ihrem Abschnitt korrekt wiedergegeben wurden oder mit welcher Häufigkeit bestimmte unbelegte Abschnitte fälschlicherweise als belegt angekreuzt worden sind. Dieses ermöglicht eine Bekräftigung der Hypothesen, inwiefern sich zwischen den einzelnen Simulationsläufen variierende Faktoren – mit Ausnahme der Zugzahl – auf die Beantwortung der Fragen auswirken könnten. Eine vollständige Verifikation der Hypothesen wird mit einer derartigen Betrachtung für nicht ausführbar erachtet. Zur Verifikation wäre es stattdessen notwendig, weitere Simulationen durchzuführen. Diese sollten so gestaltet sein, dass unterschiedliche Ergebnisse nur durch unterschiedliche Ausprägungen von einem ganz bestimmten (dem zu untersuchenden) Einflussfaktor bedingt sind. Möglicherweise erfordert dieses Simulationen abseits eines Bedienplatzes im Stellwerk. Bei den ausgeführten Simulationsläufen ist sogar davon auszugehen, dass im Regelfall sämtliche Einflussfaktoren eine Rolle spielen – in Abhängigkeit der betrieblichen Situationen allerdings mit individueller Bedeutung.

Zunächst ist es also möglich, eine Bekräftigung der aufgestellten Hypothesen vorzunehmen. So können die vermuteten Auswirkungen von variablen Einflussgrößen auf das Situationsbewusstsein durch Auswertung der Fragebogenergebnisse gestützt werden. Die Bekräftigung der Hypothesen kann auch unabhängig von einer Verifikation, welche einen weitaus höheren Aufwand erfordern würde, Hinweise darauf geben, wie zukünftige Simulationen gestaltet sein sollten, um möglichst aussagekräftige Untersuchungsergebnisse erwarten zu können. In den Folgeabschnitten werden die aufgestellten Hypothesen anhand der Auswertung über Bildschirmansichten zur erfolgten Untersuchung bekräftigt, ergänzt um einen darauf aufbauenden beispielhaften Ansatz zur Verifikation einer einzelnen Hypothese.

7.2.2 Darstellung der Ergebnisse

Die Abbildungen 28 und 29 zeigen die Ergebnisdarstellung im Streckenspiegel beispielhaft zur Abbildung 2 der Frage 1 für die Simulationsläufe mit 10 bzw. 12 Zügen, da bei den höchsten Zugzahlen die meisten Informationen aufzunehmen waren. Dementsprechend sind hier auch die umfangreichsten Auswertungsmöglichkeiten gegeben. In jedem Belegungsabschnitt bei der dargestellter Streckenspiegel ist (in rot) der absolute Anteil der 11 Probanden vermerkt, welche im jeweiligen Abschnitt bei der Beantwortung der Frage ein Kreuz gesetzt haben. Zusätzlich ist zu den einzelnen Zugpositionen (in violett) die zugehörige Verweildauer des Zuges im Belegungsabschnitt zum Ende der Simulation vermerkt.

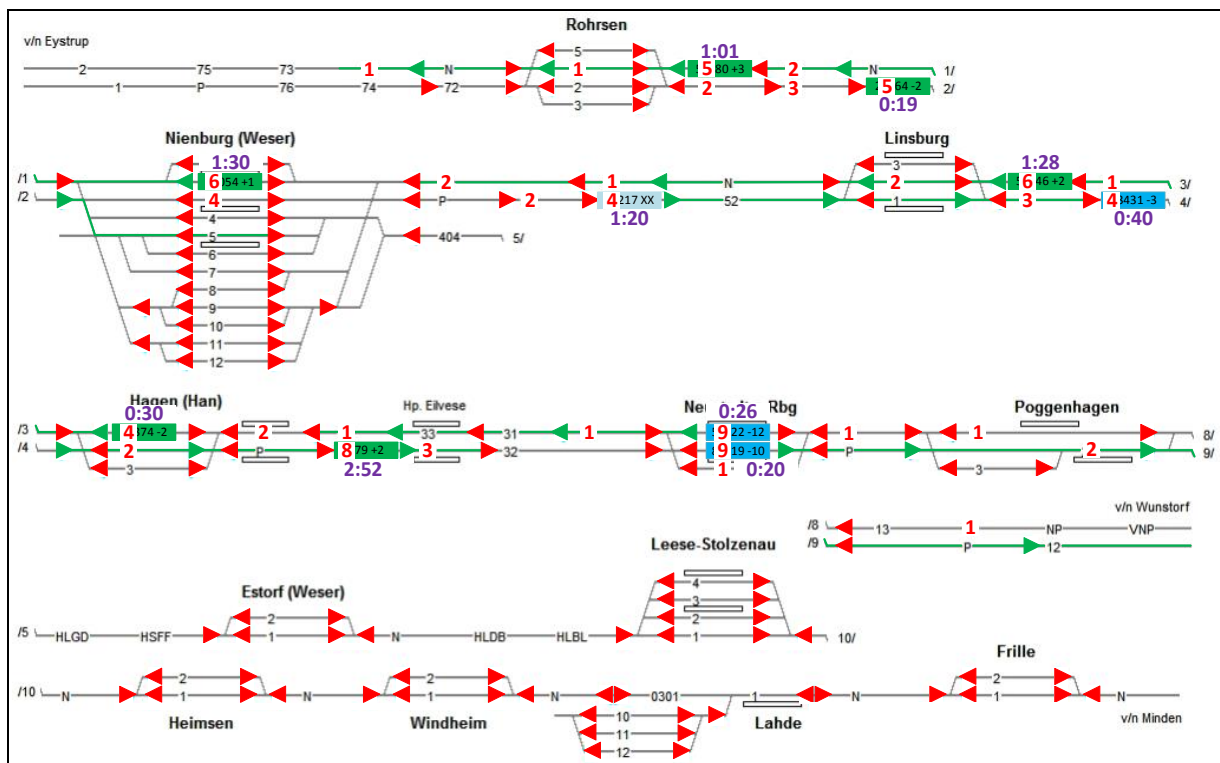
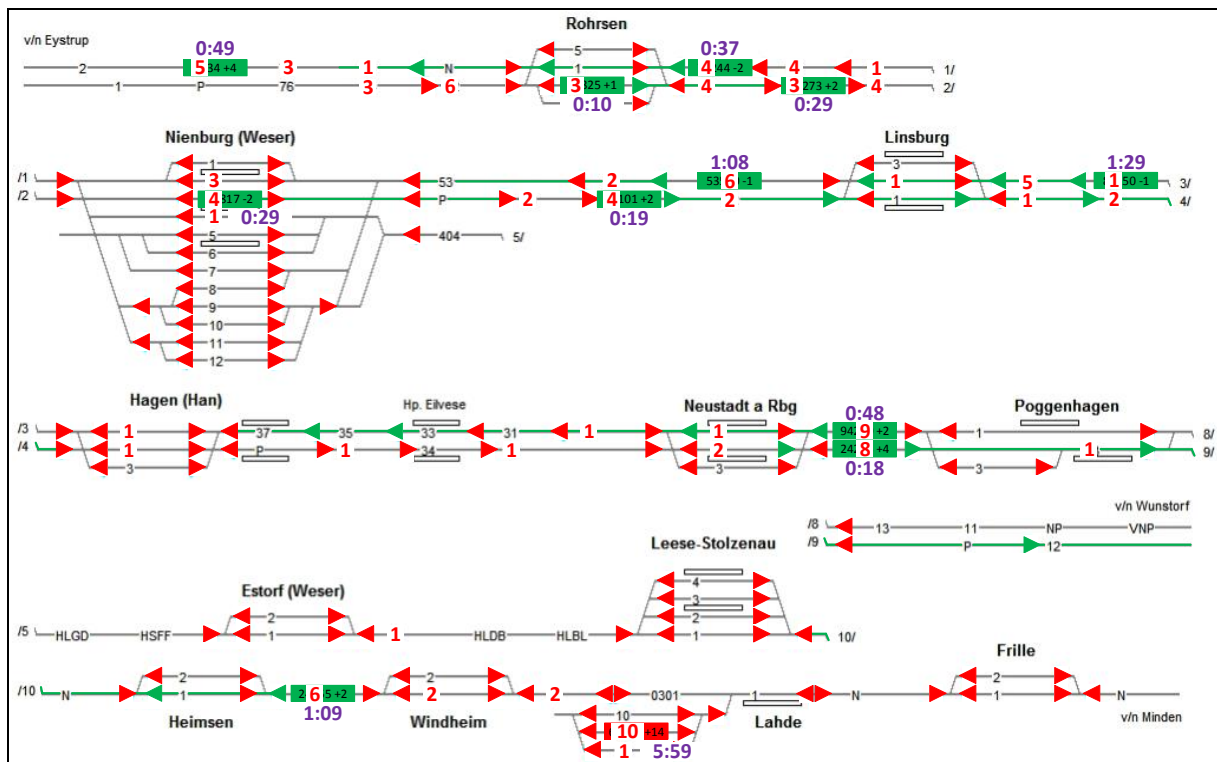


Abbildung 28 10-Züge-Simulationslauf mit Verweildauern und Summen der Wiedergabe bei Frage 1, Abb.2



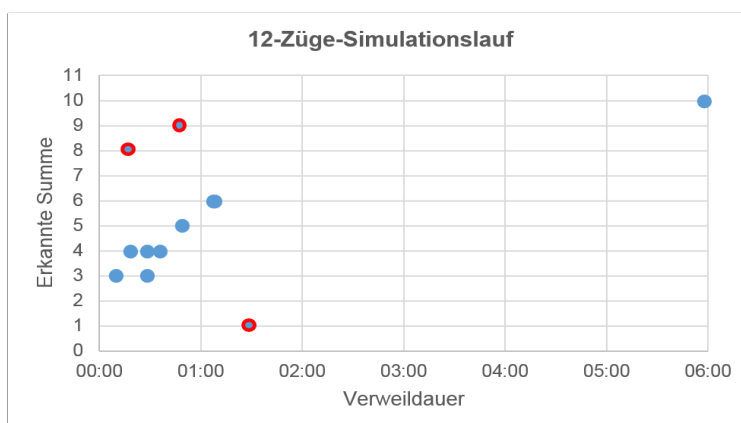
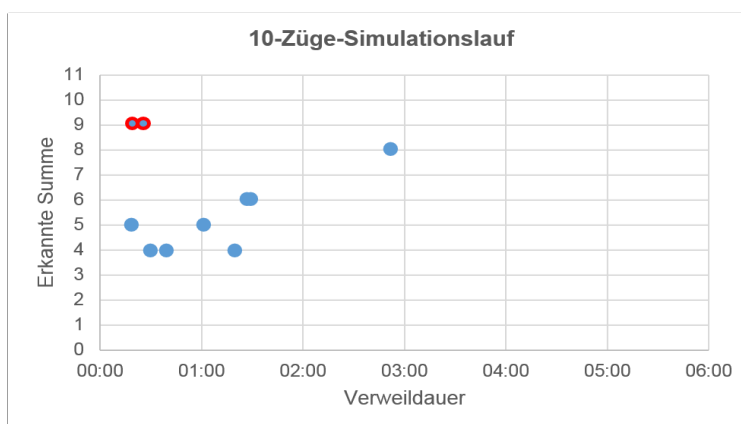
Vorgehen zur Bekräftigung von Hypothesen: Verweildauer als Basis der Auswertung

Die Verweildauer von Zugfahrten in den einzelnen Belegungsabschnitten wird als Basis der Auswertung gewählt, da es sich hierbei im Gegensatz zu in den Tabellen 36 bzw. 37 beschriebenen Ausprägungen der sonstigen möglichen Einflussgrößen um eine unmittelbar messbare Größe handelt. Der Zusammenhang zwischen Verweildauer und Anzahl der Probanden, welche die jeweilige Zugfahrt korrekt wiedergegeben haben, kann graphisch dargestellt werden. Durch einen entsprechenden Verlauf lässt sich die zugehörige Hypothese bekräftigen, was in Tabelle 38 dargestellt wird. Diesem kann entnommen werden, dass Züge längerer Verweildauer tendenziell häufiger wiedergegeben wurden. Die einzelnen Wertepunkte der ebenfalls dargestellten graphischen Darstellungen lassen keinen unmittelbar ableitbaren eindeutigen Kurvenverlauf erkennen. Auch das zeigt wiederum, dass zusätzlich zur Verweildauer im Belegungsabschnitt noch weitere variierende Faktoren das Situationsbewusstsein zu beeinflussen schienen. Besonders auffällig lassen sich fünf Ausreißer mit einer überdurchschnittlichen Abweichung erkennen. Bei diesen ist zu erwarten, dass sich andere Faktoren der Beeinflussung in besonders hohem Maße auswirkten.

Die Darstellung von Verweildauer der Züge und Anzahl der korrekt wiedergegebenen Zugpositionen durch die Probanden kann einerseits als Bekräftigung der zugehörigen Hypothese, andererseits zur Erkennung von Ausreißern und damit auch als Basis zur gezielten Betrachtung weiterer Hypothesen genutzt werden.

Tabelle 38 Zusammenhang von Verweildauern im Belegungsabschnitt und Summen der Wiedergabe

10-Züge-Simulationslauf			12-Züge-Simulationslauf		
Verweildauer	Erkannte Summe	Ausreißer	Verweildauer	Erkannte Summe	Ausreißer
00:19	5		00:10	3	
00:20	9	+	00:18	8	+
00:26	9	+	00:19	4	
00:30	4		00:29	3	
00:40	4		00:29	4	
01:01	5		00:37	4	
01:20	4		00:48	9	+
01:28	6		00:49	5	
01:30	6		01:08	6	
02:52	8		01:09	6	
			01:29	1	-
			05:59	10	



7.2.3 Bewertung der Ergebnisse

Die Auswertung der Bildschirmansichten zeigt den direkten Zusammenhang zwischen Verweildauer und Summe korrekt wiedergegebener Zugfahrten. Dabei wird deutlich, dass eine längere Verweildauer zu einer tendenziell höheren Anzahl korrekter Wiedergaben führte. Einzelne Zugfahrten fallen in der graphischen Darstellung des Zusammenhangs jedoch als Ausreißer auf. So wurden im 10-Züge-Simulationslauf zwei Zugfahrten einer geringen Verweildauer von 20 bzw. 26 Sekunden übermäßig häufig wiedergegeben. Im Simulationslauf mit 12 Zügen wurden Züge mit ebenfalls geringen Verweildauern von 18 bzw. 48 Sekunden überdurchschnittlich häufig angegeben. Ein einzelner Zug mit einer verhältnismäßig langen Verweildauer von 89 Sekunden wurde hingegen nur von einem einzelnen Probanden korrekt wiedergegeben.

In Abschnitt 7.1.5 wurden verschiedene Hypothesen über mögliche Einflussfaktoren beschrieben. Darauf bezogen, lässt die Betrachtung der Ausreißer zu den analysierten Bildschirmansichten folgendes erkennen:

Ausreißer im 10-Züge-Simulationslauf

Bei der Betrachtung der Ausreißer mit ungewöhnlich hoher Wiedergabe fällt auf, dass die Zugfahrten sich auf benachbarten Gleisen im Bahnhof Neustadt befanden. Sie waren damit sowohl in der Bildschirmmitte positioniert als auch in Gleisabschnitten, welche als gut einpräglich beschrieben werden können, weil die Abschnitte einerseits von der freien Strecke abgegrenzt sind, sich andererseits aber auch durch den leeren Raum oberhalb der Infrastruktur auf dem Bildschirm hervorheben. Die Farbgebung beider Zugfahrten war blau. Diese hoben sich farblich sowohl von den 6 Zügen grüner Farbgebung ab, als auch von der sonstigen farblichen Darstellung am Bildschirm.

Ausreißer im 12-Züge-Simulationslauf

Die Zugfahrten zu Ausreißern hoher Wiedergabe im Simulationslauf mit 12 Zügen befanden sich ebenfalls auf parallelen Gleisabschnitten und zwar in der Darstellung unmittelbar rechts des Bahnhofs Neustadt. Die Zugfahrten waren ebenfalls in der Bildschirmmitte positioniert und die Gleisabschnitte sind als gut einpräglich einzuschätzen. Die Farbgebung der Züge war grün und entsprach der farblichen Darstellung weiterer 9 Züge im Simulationslauf sowie der Farbe zur Kennzeichnung eingestellter Fahrstraßen und fahrtzeigender Signale.

Der Ausreißer geringer Wiedergabe befand sich im rechten Randbereich der Infrastruktur. Da es sich um den äußersten Belegungsabschnitt vor der Trennstelle in der Darstellung des Gleisplans handelt, ist auch hier von einer gut einprägbaren Position im Gleisplan auszugehen. Die Farbgebung des Zuges war ebenfalls grün.

Zusammenfassung der Auswertung

Den in beiden betrachteten Simulationsläufen nahezu positionsgleichen Ausreißern im bzw. am Bahnhof Neustadt kann aufgrund der unterschiedlichen (grünen bzw. blauen) Farbdarstel-

lung bei gleichhäufiger Wiedergabe durch Probanden entnommen werden, dass eine sich hervorhebende Darstellungsfarbe nicht der einzige Faktor sein kann, welcher hier eine Wiedergabe positiv beeinflusste. Es liegt außerdem nahe, dass die geäußerte Hypothese eine Rolle spielte, Zugfahrten in der Mitte der Bedienansicht (bzw. bei vorhandener Kombination aus Mittelposition und einprägbarem Abschnitt) würden häufiger wiedergegeben werden als Züge im Randbereich. Möglicherweise bewirkte allein die Position der Züge einen nahezu maximalen Wert der Wiedergabe. Die Farbgebung würde in dem Fall gar nicht mehr ins Gewicht fallen. Bekräftigt wird die Bedeutung der Position von Zugfahrten auch dadurch, dass die Infrastruktur der Betriebsstelle Neustadt der am Darstellungsrand und sehr nahe am Bahnhof Nienburg unübersichtlicher angeordneten Betriebsstelle Hagen ähnelt, bei welcher eine dort befindliche Zugfahrt im 10-Züge-Simulationslauf in wesentlich geringerem Maß korrekt wiedergegeben wurde.

Der Streckenabschnitt zwischen Eystrup (Ein- / Ausbruch) und Rohrsen stellt einen langen, vom Gleisplan einheitlichen Bereich dar. Die Position eines dortigen Zuges wird als schwierig einpräglich eingestuft. Dass die zugehörige These zutreffen kann, zeigt sich in der Auswertung des Simulationslaufs mit 12 Zügen. So wurde ein dort befindlicher Zug mit einer Verweildauer von 49 Sekunden von 5 Probanden korrekt wiedergegeben, weitere 3 Probanden haben einen unmittelbar benachbarten Belegungsabschnitt zugeordnet. Die als gut einpräglich anzusehenden Positionen der beiden Zugfahrten nahe Neustadt wurden trotz geringerer Verweildauer von 8 bzw. 9 Probanden korrekt wiedergegeben, unmittelbar benachbarte Belegungsabschnitte wurden nur von 1 bzw. 2 Probanden fälschlicherweise angekreuzt.

Zusätzliche Hypothese aus der Auswertung über Bildschirmansichten

Die Auswertung über Bildschirmansichten führt zur Herleitung einer weiteren Hypothese. So zeigt ein Vergleich der Ausreißer ungewöhnlich hoher Wiedergabe in den beiden betrachteten Simulationsläufen, dass sich die Zugfahrten in jeweils unmittelbar benachbarten Belegungsabschnitten befanden. Der Ausreißer geringer Wiedergabe im 12-Züge-Simulationslauf war im Randbereich der Darstellung positioniert und damit fernab sonstiger Zugfahrten. Dieser wurde trotz einer eher höheren Verweildauer von 89 Sekunden nur von einem Probanden wiedergegeben. Im 10-Züge-Simulationslauf befand sich eine Zugfahrt im parallelen Belegungsabschnitt dieser Fahrt, ergänzt um eine weitere Zugfahrt in unmittelbarer Nähe auf der Darstellung. Trotz einer Verweildauer von nur 40 Sekunden wurde die Zugfahrt hier von 4 Probanden korrekt wiedergegeben.

Dies lässt vermuten, dass auch die Konstellation der Zugpositionen das Situationsbewusstsein beeinflussen kann. So scheint eine Häufung von Zügen geringer Abstände in der Ansicht zu einer höheren Häufigkeit der korrekten Wiedergabe durch die Probanden führen zu können. Die Zugkonstellationen lassen sich als möglicher beeinflussender Faktor direkt der Bedienansicht entnehmen, sind jedoch zuvor nicht analysiert worden, weil die Erfassung der Faktoren auf Ebene einzelner Zugfahrten stattgefunden hat³⁵. Tabelle 39 stellt die erkannten, aus direkter Analyse der Bildschirmansicht entnehmbaren Einflussfaktoren mit betrieblichen Beispielen

³⁵ Siehe auch Fußnote 33: Neben den möglichen unmittelbaren Einflussfaktoren, welche sich allein aus der Darstellung identifizieren lassen, sind zusätzlich auch mögliche Faktoren anderen Ursprungs zu

der betrachteten Auswertungen über Bildschirmansichten dar, bei denen ein möglicher Einfluss des jeweiligen Einflussfaktors denkbar ist bzw. besonders deutlich erscheint.

Tabelle 39 Zusammenfassung der Einflussgrößen und Zuordnung von betrieblichen Beispielen der betrachteten Situationen

Mögliche Einflussgrößen	Beispiele für möglicherweise besonders ausgeprägten Einfluss in der ausgeführten Untersuchung
Verweildauer im Belegungsabschnitt	siehe Tabelle 38
Position auf dem Bildschirm (Bereich)	24725 / 94210, 53522 / 80219 mit sonstigen Zügen
Position auf dem Bildschirm (Darstellung)	24275 / 94210 mit 64374
Position auf dem Bildschirm (Gleisplan)	24275 / 94210 mit 2134
Farbliche Darstellung	43431 mit 80250
Zugnummer	779 (einzige nicht-fünfstellige Zugnummer) mit 64374
Verspätungsangabe	62387 mit 80250
Konstellation von Zugpositionen	53546 / 43431 mit 80250

7.3 Ausblick

7.3.1 Erfahrungen mit dem angewandten Fragebogen

Die Erfahrungen mit dem angewandten Fragebogen sind im Wesentlichen als positiv zu bezeichnen. Zum Erhalt repräsentativer Ergebnisse wurden sowohl auf Basis der Ergebnisaufbereitung als auch im Zusammenhang mit der Bewertung von Ergebnissen verschiedene Möglichkeiten der Modifikation des angewandten Fragebogens beschrieben. So bietet es sich beispielsweise bei Frage 4 im Teil A des Fragebogens an, eine Bildschirmansicht mit bereits eingezeichneten Zugpositionen vorzugeben, welchen dann Zuggattungen zuzuweisen sind. Bei sämtlichen Fragen, die mittels Eintragungen in Bildschirmansichten zu beantworten sind, kann zudem empfohlen werden, auf eine Grobskizze mit Markierungsbereichen zu verzichten und sich unter Anweisungen an die Probanden sowie entsprechender Anordnung der Fragen im Fragebogen auf die Betrachtung einer Feinskizze mit Belegungsabschnitten zu konzentrieren.

Bei sämtlichen Simulationsläufen traten seitens der Probanden keine Unklarheiten zur Beantwortung des Fragebogens auf. Der erste durchgeführte Simulationslauf der Studie zeigt au-

erkennen. Diese beruhen letztendlich auf der mentalen Weiterverarbeitung der aufgenommen Informationen.

ßerdem einen sehr hohen Anteil korrekter Antworten. Diesem ist zu entnehmen, dass die vorherige Einführung in ausreichendem Umfang vollzogen wurde, die Probanden gut vorbereitet waren und den ersten Simulationslauf nicht erst zur Eingewöhnung nutzen mussten.

7.3.2 Grundsätzliche Empfehlungen zur Durchführung weiterer Untersuchungen

Im Allgemeinen lassen sich im Hinblick auf die Unterschiede zwischen verschiedenen Simulationsläufen einer Untersuchung zwei verschiedene Arten von Betrachtungen ausführen. Die anzuwendende Art wird durch die zu untersuchende Fragestellung vorgegeben.

Die Gestaltung von Simulationsläufen ohne Änderungen an den Grundeigenschaften des angewandten Systems stellt eine Art der Untersuchung dar. Diese kam in der ausgeführten Betrachtung zur Anwendung, indem das Design der Bedienoberfläche, also der Gleisplan sowie die grundlegenden Anzeigeeigenschaften zwischen den einzelnen Simulationsläufen keine Änderung erfahren haben. Variationen zwischen den einzelnen Simulationsläufen konzentrierten sich auf das Betriebsprogramm. Eine zweite Art der Untersuchung stellt die Gestaltung der zugehörigen Simulationsläufe unter Berücksichtigung von Änderungen am System dar. Dies sind beispielsweise Modifikationen an der Bedienoberfläche, deren Auswirkungen auf das Situationsbewusstsein untersucht werden können. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, bietet es sich an, die Zugzahl zwischen den einzelnen Simulationsläufen nicht zu variieren.

Unabhängig von der Art der Untersuchung haben die Auswertungen der durchgeführten Betrachtung gezeigt, dass besonderer Wert darauf gelegt werden sollte, in den Simulationsläufen ein einheitliches Betriebsprogramm zu Grunde zu legen³⁶. Die verschiedenen möglichen Einflussfaktoren auf das Situationsbewusstsein verdeutlichen, dass nur eine zwischen den Simulationsläufen möglichst geringe Varianz solcher Faktoren, welche nicht im Fokus der Fragestellung stehen, Ergebnisse maximaler Aussagekraft erwarten lässt. Für den Fall verschiedener Simulationsläufe konstanter Zugzahlen bedeutet dieses, dass im Optimalfall über den gesamten Verlauf der Simulationen die gleichen Züge in gleicher Position angeordnet sein sollten. Bei der Konstruktion verschiedener Simulationsläufe variabler Zugzahlen erscheint es sinnvoll, die Betriebssituation des jeweils vorherigen Simulationslaufs möglichst ausnahmslos zu übernehmen und diese zur Modellierung des Simulationslaufs der nächsthöheren Zugzahl um die entsprechende Anzahl an weiteren Zugfahrten anzureichern. Eine derartige Einheitlichkeit betrieblicher Situationen macht es jedoch zwingend erforderlich, für jeden Simulationslauf unterschiedliche Gruppen an Probanden einzusetzen. Anderenfalls ist zu erwarten, dass die Probanden vom vorherigen Simulationslauf Kenntnisse zur betrieblichen Situation übertragen können, was keine repräsentativen Ergebnisse zum ausschließlichen Situationsbewusstsein im einzelnen Simulationslauf ermöglicht. Bezogen auf die ausgeführte Beispieluntersuchung lässt die Nutzung verschiedener Probandengruppen im Übrigen eine Unterschiedlich-

³⁶ Davon ausgenommen sind Betrachtungen, in denen verschiedene Variationen eines Betriebsprogramms entsprechend der Fragestellung einer zugehörigen Untersuchung zwingend erforderlich sind.

keit der Anzahl an wiederzugebenden Eingriffspotenzialen in den verschiedenen Simulationsläufen als nicht mehr notwendig erscheinen. Dieses hätte bei Frage 5 im Teil A des Fragebogens zu aussagekräftigeren Ergebnissen führen können.

Sofern – wie in der ausgeführten Untersuchung – nur eine geringe Gesamtzahl an Probanden zur Verfügung steht und nur eine einzelne Probandengruppe genutzt werden kann, ist aufgrund der erforderlichen Differenzen in den betrieblichen Vorgängen der verschiedenen Simulationsläufe von einem Verlust der Aussagekraft von Ergebnissen auszugehen.

7.3.3 Beispielhafter Ansatz zur Verifikation eines beeinflussenden Faktors

Ergänzend zur Bekräftigung der Hypothesen und unter Berücksichtigung der in Abschnitt 7.3.2 getroffenen Empfehlungen lässt sich die Möglichkeit einer beispielhaften Verifikation des beeinflussenden Faktors der farblichen Darstellung beschreiben. Ziel ist ein Nachweis der Hypothese, dass ein Zug mit einer farblichen Darstellung, welche am Bildschirm sonst nicht oder kaum Anwendung findet und damit in der Bildschirmansicht als „ungewöhnlich“ anzusehen ist, von einer größeren Anzahl an Probanden korrekt wiedergegeben werden kann als ein Zug mit einer häufig vorkommenden, „gewöhnlichen“ Farbgebung.

Als gewöhnliche Farbgebung kann in der untersuchten Bedienansicht die Farbe „grün“ erachtet werden, welche sowohl für die im störungsfreien Betrieb zahlreich vorhandenen nahezu pünktlich verkehrenden Fahrten als auch für Signalbilddarstellungen und der Ausleuchtung von Fahrstraßen Anwendung findet. Als ungewöhnliche Farbgebung kann die Farbe „blau“ erachtet werden, welche ausschließlich zur Kennzeichnung verfrühter Züge genutzt wird.

Zur Konstruktion der Simulationen bietet es sich an, die Tabelle möglicher Einflussfaktoren zu betrachten und die Simulationsläufe auf dieser Basis so zu gestalten, dass nach Möglichkeit ausschließlich der zu untersuchende Faktor zwischen den einzelnen Simulationsläufen variiert. Wie bereits erläutert, kann nur durch eine Einheitlichkeit der nicht zu betrachtenden Faktoren, im Beispielfall also aller Faktoren mit Ausnahme der Farbgebung, gewährleistet werden, dass die erwarteten Unterschiede in den Ergebnissen ausschließlich durch die Farbgebung beeinflusst sind. Die beschriebenen Empfehlungen führen zur Entwicklung von zwei Simulationen, welche aufgrund der vorgesehenen Einheitlichkeit diverser sonstiger Eigenschaften zwingend von unterschiedlichen Probandengruppen auszuführen wären. Während in Tabelle 40 verschiedene Beispielsituationen von Simulationsläufen für die Zeitpunkte des Einfrierens der Simulation beschrieben werden, zeigt ein Abprüfen möglicher Einflussgrößen in der rechten Spalte von Tabelle 41, dass andere Faktoren in der Auswertung nicht ins Gewicht fallen³⁷.

³⁷ Nach den gegebenen Darstellungseigenschaften der Anzeige weist ein Zug grüner Farbgebung eine geringere Verspätung auf als ein Zug blauer Farbgebung. Beide Simulationsläufe müssten zur Gewährleistung der unterschiedlichen Anzeigefarben beim Zug 779 in der Praxis daher mit unterschiedlichen Verspätungsangaben versehen sein. Um zu vermeiden, dass ein Zug in einer der Simulationen nicht aufgrund seiner Farbgebung, sondern wegen der zugehörigen Verspätungsangabe in Minuten im zweiten Simulationslauf mit anderer Häufigkeit wiedergegeben wird als im ersten Simulationslauf, ist es an-

Tabelle 40 Beispiele für betriebliche Situationen beim Einfrieren der Simulationen zu den verschiedenen Simulationsläufen

Simulationslauf	Betriebliche Situation beim Einfrieren der Simulation
1	<p>Das Diagramm zeigt zwei Netzwerke. Oben ist das Netzwerk 'Nienburg (Weser)' mit 12 Knoten (1-12) dargestellt. Knoten 1 ist mit einem grünen Balken '24054 XX' markiert. Knoten 53 und 51 sind ebenfalls grün markiert. Ein grüner Balken '80217 XX' befindet sich rechts. Unten ist das Netzwerk 'Hagen (Han)' mit Knoten 2, 3, 37, 35, 33, 31, 34, 32 dargestellt. Knoten 37 ist mit einem grünen Balken '64374 XX' markiert. Knoten 35 ist mit einem grünen Balken '779 XX' markiert. Ein grüner Balken 'N' befindet sich rechts. Die Beschriftung 'Hp. Eilvese' steht über dem Knoten 33. Die Beschriftung 'Zug 779 in grüner Farbe' steht unter dem Diagramm.</p>
2	<p>Das Diagramm zeigt zwei Netzwerke. Oben ist das Netzwerk 'Nienburg (Weser)' mit 12 Knoten (1-12) dargestellt. Knoten 1 ist mit einem grünen Balken '24054 XX' markiert. Knoten 53 und 51 sind ebenfalls grün markiert. Ein grüner Balken '80217 XX' befindet sich rechts. Unten ist das Netzwerk 'Hagen (Han)' mit Knoten 2, 3, 37, 35, 33, 31, 34, 32 dargestellt. Knoten 37 ist mit einem grünen Balken '64374 XX' markiert. Knoten 35 ist mit einem blauen Balken '779 XX' markiert. Ein grüner Balken 'N' befindet sich rechts. Die Beschriftung 'Hp. Eilvese' steht über dem Knoten 33. Die Beschriftung 'Zug 779 in blauer Farbe' steht unter dem Diagramm.</p>

gebracht, in der Darstellung auf Verspätungsangaben zu verzichten. Alternativ wäre es möglich, in beiden Simulationsläufen trotz der unterschiedlichen farblichen Kennzeichnung beim Zug 779 eine einheitliche Verspätung vorzusehen.

Tabelle 41 Prüfung möglicher Einflussfaktoren im Vergleich der Simulationsläufe nach Tab. 40

Mögliche Einflussgrößen	Beeinflussender Faktor beim Vergleich der Ergebnisse zu den Simulationsläufen?
Verweildauer im Belegungsabschnitt	Nein, da einheitlich
Position auf dem Bildschirm (Bereich)	Nein, da einheitlich
Position auf dem Bildschirm (Darstellung)	Nein, da einheitlich
Position auf dem Bildschirm (Gleisplan)	Nein, da einheitlich
Farbliche Darstellung	Ja, farbliche Darstellung eines Zuges variiert
Zugnummer	Nein, da einheitlich
Verspätungsangabe	Nein, da einheitlich (nicht vorhanden)
Konstellation von Zugpositionen	Nein, da einheitlich

Die aufgestellte Hypothese kann nach Auswertung der Simulationsuntersuchung als verifiziert angesehen werden, wenn Zug 779 im 1. Simulationslauf von einer niedrigeren Anzahl an Probanden wiedergegeben wird als im 2. Simulationslauf.

8 Zusammenfassung

Die Aufbereitung der historischen Entwicklung hat gezeigt, dass ein Ersatz sämtlicher verschiedener, älterer Stellwerksbauformen durch die derzeit aktuelle Bauform des elektronischen Stellwerks stattfindet. Dieses wird sich aufgrund einer immer noch recht hohen Anzahl bestehender Stellwerke der Alttechniken auch noch über einen längeren Zeitraum fortsetzen. Die Entwicklung zwischen den einzelnen Stellwerksbauformen umfasst eine beständig fortschreitende Zentralisierung und Automatisierung mit einer kontinuierlichen Vergrößerung von Bedienbereichen. Diese beschreibt in einem elektronischen Stellwerk, in dem im Regelbetrieb ausschließlich überwachende Aufgaben auszuführen sind, einen maximalen Grad der Automatisierung. Die Ausführungen zeigen, dass es grundsätzlich sehr wichtig ist, dass der Fahrdienstleiter zu jedem Zeitpunkt über ein ausreichendes Situationsbewusstsein verfügt. Aus der Entwicklung der Stellwerke lässt sich jedoch ableiten, dass es insbesondere am Arbeitsplatz im elektronischen Stellwerk im Vergleich zur Bedienung älterer Bauformen für einen Fahrdienstleiter als sehr viel schwieriger eingeschätzt werden kann, ein ausreichendes Situationsbewusstsein zu erlangen und zu bewahren. Die Analyse der derzeit bei der Deutschen Bahn Anwendung findenden Methode zur Bemessung der Arbeitsplätze hat gezeigt, dass diese Problematik in keinem angemessenen Umfang berücksichtigt wird. Allerdings existiert bisher keine alternative Methodik, welche eine repräsentative Untersuchung des Situationsbewusstseins ermöglichen könnte. Stattdessen ist es zunächst erforderlich, grundlegende Erkenntnisse zum Situationsbewusstsein zu gewinnen. Auf dieser Basis könnte eine Methodik entwickelt werden. Die vorliegende Dissertation dient zur Herleitung von Grundlagen, was einen wesentlichen Schritt im komplexen Prozess der Entwicklung einer ausgereiften Methodik zur Untersuchung des Situationsbewusstseins an Arbeitsplätzen in elektronischen Stellwerken und Betriebszentralen darstellt.

Konstruktion eines Fragebogens zur Untersuchung des Situationsbewusstseins

Im Rahmen der Dissertation wurde auf Basis der Beschreibungen der SAGAT-Methode nach Endsley ein Fragebogen für die Untersuchung des Situationsbewusstseins bei der Überwachung eines Betriebsablaufs konstruiert. Der Fragebogen berücksichtigt unterschiedliche Komplexitätsebenen zum Situationsbewusstsein, enthält außerdem Fragen zum Selbstempfinden der Probanden und wurde zur beispielhaften Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl an Zügen im Bedienbereich und dem Situationsbewusstsein im Regelbetrieb unter maximalem Automatisierungsgrad eingesetzt. Ein wesentliches Ziel der Untersuchung stellte die Anwendung und Bewertung der in der Arbeitspsychologie verbreiteten Fragebogengenerfassung für Betrachtungen zum Situationsbewusstsein an Arbeitsplätzen im Stellwerk dar.

Durchführung und Auswertung der Untersuchung

Zur Ausführung der Untersuchung wurden 11 Probanden der Lehrveranstaltung „Bahnbetrieb“ im Rahmen einer Dispositionsübung eingesetzt. Diese konnten zusätzlich zu vorhandenen Fachkenntnissen der Betriebsdurchführung bereits durch die Teilnahme an einer Übung im Eisenbahnbetriebslabor des IfEV Erfahrungen als örtliche Fahrdienstleiter sowie den damit

verbundenen, dispositiven Aufgaben sammeln. Nach einer zweistündigen Einweisung führten die Probanden eine Dispositionsübung durch, bestehend aus 5 Simulationsläufen unterschiedlicher Zugzahlen. Sie hatten dabei die beispielhafte Aufgabe, ausschließlich überwachende Tätigkeiten in Form einer Betrachtung der Betriebsabläufe im Streckenspiegel auszuführen. Im Anschluss an jeden Simulationslauf war der entwickelte Fragebogen zu beantworten. Zu den einzelnen Fragen des ausgefüllten Fragebogens wurden im Anschluss verschiedene Kenngrößen rechnerisch ermittelt und in Diagrammen graphisch dargestellt. Hierbei hat sich gezeigt, dass das Situationsbewusstsein in den konstruierten Simulationsläufen nicht nur von der Anzahl an Zügen im Bedienbereich abzuhängen scheint. Weitere mögliche Einflussfaktoren konnten analysiert werden. Dazu wurden Hypothesen formuliert. Im Anschluss wurde eine Auswertung über Bildschirmansichten ausgeführt, womit einzelne Hypothesen in ihrer Relevanz bekräftigt werden konnten. Aus den Erkenntnissen der beispielhaften Untersuchung konnten konkrete Empfehlungen für weitere Studien abgeleitet werden. Diese betreffen beispielsweise die Vorgabe, zum Erhalt aussagekräftiger Ergebnisse die zugehörigen Simulationen so zu gestalten, dass zwischen den einzelnen Läufen möglichst nur die Faktoren variieren, deren Einfluss im Rahmen der Untersuchung erfasst werden soll. Im Weiteren ergaben sich außerdem verschiedene sinnvolle Möglichkeiten zur Modifikation von einzelnen Fragen für weitere Untersuchungen.

Anwendungsmöglichkeiten der Untersuchung des Situationsbewusstseins mittels Simulationen

Die Erfahrungen mit der Anwendung des entwickelten Fragebogens können eine Basis für vielfältige, weitere Betrachtungen bieten. Die Durchführung von Simulationen und die anschließende Bewertung des Situationsbewusstseins mit der Fragebogenmethode kann einerseits zur Beurteilung der Auswirkungen möglicher Änderungsmaßnahmen an grundlegenden Eigenschaften des Systems angewandt werden. Andererseits können mittels der Fragebogenmethode auch Untersuchungen von Fragestellungen unter gleichbleibenden Systemeigenschaften ausgeführt werden, was im Untersuchungsbeispiel dieser Dissertation der Fall ist.

Bei Änderungsmaßnahmen grundlegender Systemeigenschaften kann es sich beispielsweise um die Anpassung bestimmter Regularien handeln oder auch um die Vornahme von Modifikationen an der Gestaltung einer Bedienoberfläche. Einfache Möglichkeiten der Anpassung wären z.B. die Berücksichtigung von Änderungen in der farblichen Darstellung oder eine Ausblendung bestimmter Informationen. Anpassungen können bewirken, dass das Personal zur Ausführung einer überwachenden Aufgabe eine Entlastung in Form einer Verlagerung seiner Beanspruchung von einer höheren auf eine niedrigere Ebene des Situationsbewusstseins erfährt. In diesem Fall sind die positiven Auswirkungen auf das Situationsbewusstsein besonders anschaulich.

Unter gleichbleibenden Systemeigenschaften lassen sich mittels der Fragebogenmethode beispielsweise auch die Auswirkungen von Trainingsprogrammen über verschiedene Simulationen untersuchen. Ein Ziel kann die Konstruktion eines Trainingsprogramms darstellen, welches bei möglichst geringem Aufwand eine maximale Wirkung erzielen kann.

Grundsätzlich können die Ergebnisse von Untersuchungen mit einem Basisszenario bzw. mit einem zu Grunde liegenden Ist-Zustand verglichen werden.

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Methodik

Eine unmittelbare Anwendung des beschriebenen Verfahrens bietet die Möglichkeit zur Untersuchung konkreter Szenarien in Form eines Vergleichs der Ergebnisse verschiedener Simulationsläufe. Eine Abschätzung des Situationsbewusstseins ist allerdings nicht ohne Simulationen möglich. Damit ergeben sich neben den Möglichkeiten der direkten Anwendung auch Möglichkeiten zur Weiterentwicklung einer umfassenden Methodik. Mit einem entsprechenden Verfahren könnte sich schließlich nicht nur das Situationsbewusstsein an einem bestehenden Arbeitsplatz ohne die Notwendigkeit einer auszuführenden Simulationsuntersuchung abschätzen lassen, sondern auch die Auswirkungen von Änderungen im System. Das Verfahren lässt zwar ähnliche Ergebnisse wie nach zugehörigen Simulationen erwarten, jedoch wären diese unter Existenz einer abschätzenden Methodik ohne den Aufwand individueller Untersuchungen generierbar.

Zur Weiterentwicklung der Methodik bietet es sich in einem ersten nachfolgenden Schritt an, die hier aufgestellten Hypothesen zu verifizieren. Dieses kann mittels Simulationen geschehen, wobei auch hier zu beachten ist, dass die Untersuchungsergebnisse zur aussagekräftigen Verifikation ausschließlich durch die zu untersuchende Größe bedingt sein sollten. Daraus resultieren Anforderungen an die Designs zugehöriger Simulationen. Ein beispielhafter Ansatz zur Verifikation einer Hypothese ist im Rahmen der Dissertation beschrieben worden. Zusätzlich zur Verifikation von Hypothesen kann eine vergleichende Betrachtung der Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren ausgeführt werden. Erkenntnisse zur Bedeutung können als Basis zur Ableitung eines Modells für die Vorhersage des Situationsbewusstseins unter Gewichtung von einzelnen Faktoren genutzt werden.

Abbildung 30 fasst die wesentlichen Möglichkeiten der Weiterentwicklung zusammen.

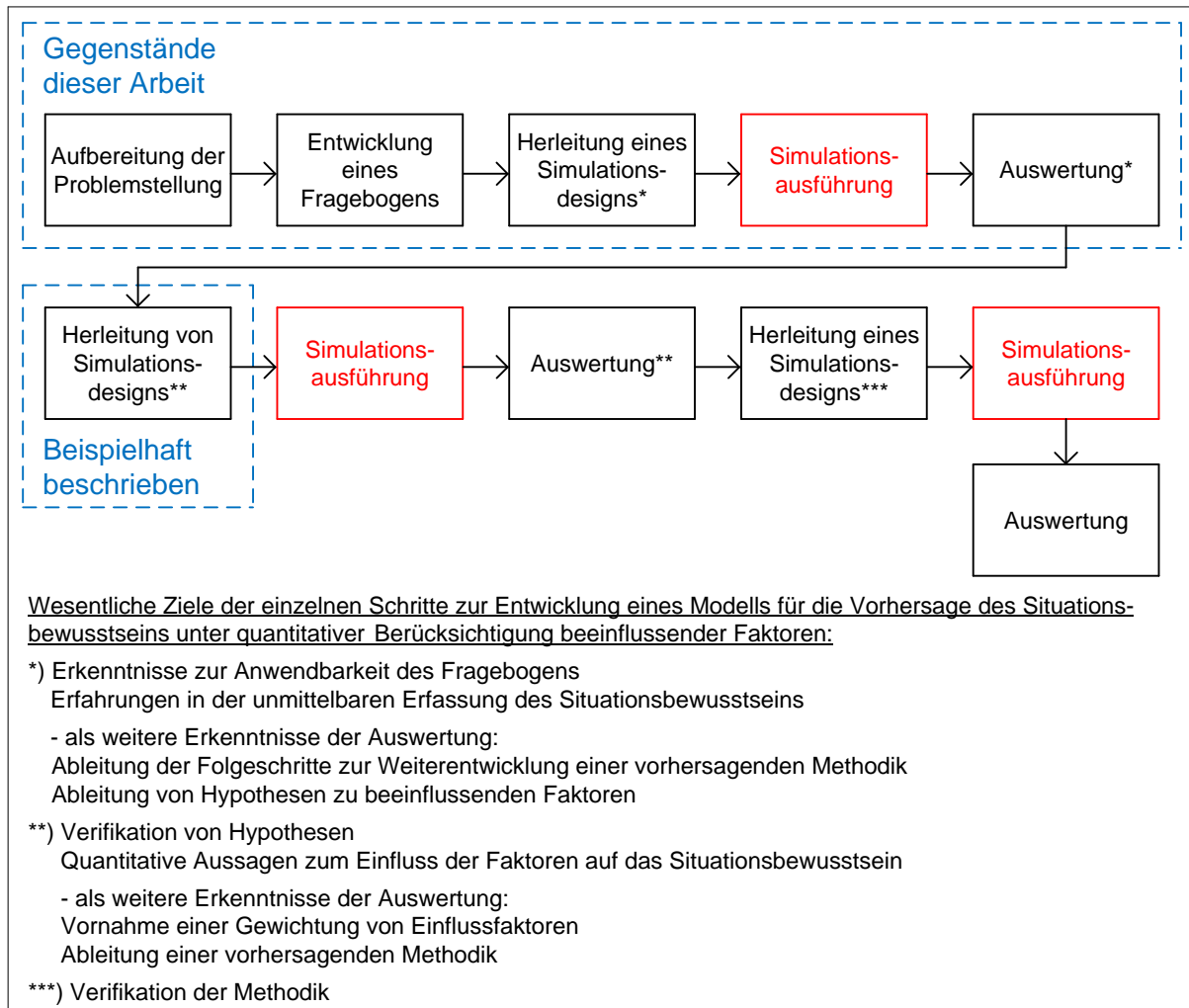


Abbildung 30 Schritte einer möglichen Weiterentwicklung der Methodik

Literaturverzeichnis

- [BA64] Bässler, Arnold: Einfluß der Gleisbild- und Ablaufspeicherstellwerke auf die Leistungsfähigkeit der Strecken und Bahnhöfe, in: Deutsche Eisenbahntechnik 6/1964.
- [BAL10] Balfe, N.: Appropriate Automation in Rail Signalling Systems: A human factors study, Dissertation, Nottingham 2010.
- [BK11] Brück, D., Klabunde, O.: Die Disposition des Zugbetriebs, in: Deine Bahn 03/2011.
- [BOR03] Bormet, J.: Funktion der fahrplanbasierten Zuglenkung für Betriebszentralen, in: Deine Bahn 3/2003.
- [BOR07] Bormet, J.: Anforderungen des Betreibers an den Life-cycle in der Fahrwegsicherung, in: Signal und Draht 1+2/2007.
- [BRO73] Brockhaus Enzyklopädie in 20 Bänden, Band 17, Verlag Brockhaus, Wiesbaden 1973, S. 444.
- [BWS12] Balfe, N., Wilson, J., Sharples, S., Clarke, T.: Effects of Level of Signalling Automation on Workload and Performance, in: Wilson, J., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J., Dadashi, N.: Rail Human Factors around the World, CRC Press, Leiden 2012.
- [DB94] Deutsche Bahn AG: Bemessung der Arbeitsplätze, Entwurf, Juli 1994.
- [DB95] Deutsche Bahn AG: Bemessung der Arbeitsplätze, Juni 1995.
- [DB98] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 482.9012 – Signalanlagen bedienen, Elektronisches Stellwerk EI S, gültig ab 15.05.1998.
- [DB01] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 482.9012Z02 Maus-Bedienung im EI S, Zusatz zum Modul 482.9012, gültig ab 12.07.2001.
- [DB01-2] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 482.9012Z03 Bedienplatz BPS 901, Zusatz zum Modul 482.9012, gültig ab 12.07.2001.
- [DB02] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 482.9043 – Signalanlagen bedienen, Elektronisches Stellwerk EI L, gültig ab 04.03.2002.
- [DB02-2] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 482.9043Z01 Mausbedienung, Signalanlagen bedienen, Elektronisches Stellwerk EI L, Zusatz zum Modul 482.9043, gültig ab 06.03.2002.
- [DB04] Das GSM-R-Netz – seine Komponenten und Merkmale, Redaktionsbeitrag, in: Deine Bahn 2/2004.
- [DB06] Deutsche Bahn AG: Geschäftsbericht 2006.
- [DB07] Deutsche Bahn AG: Daten & Fakten 2007.

- [DB08] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 481 – Telekommunikationsanlagen bedienen, Modul 0201, gültig ab 10.05.2005 bzw. Modul 0205, gültig ab 15.04.2008.
- [DB12] Deutsche Bahn AG: Daten & Fakten 2012.
- [DB12-2] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 420 – Betriebszentralen DB Netz AG, Stand nach Berücksichtigung der Bekanntgabe 5 zum 01.07.2012.
- [DB12-3] DB Netze: Produktbeschreibung Leitsystem zur Netzdisposition Kunde, Version 1.4 vom 14.03.2012.
- [DB13] DB Netze: Leitsystem Netzdisposition Kunde, Browserbasierte Anwendung, Produktpräsentation, Frankfurt 21.01.2013.
- [DD04] Durso, F., Dattell, A.: SPAM – The real-time assessment of SA, in: Banbury, S., Tremblay, S.: A cognitive approach to situation awareness – Theory and application, Ashgate, Aldershot 2004.
- [END88] Endsley, M.: Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement, in: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 1988.
- [END96] Endsley, M.: Automation and situation awareness, in: R. Parasuraman, M. Mouloua: Automation and Human Performance: Theory and Applications, Lawrence, Erlbaum, Mahwah 1996.
- [END00] Endsley, M.: Direct Measurement of Situation Awareness: Validity and use of SAGAT, in: Endsley, M., Garland, D. J.: Situation Awareness Analysis and Measurement, CRC Press, Mahwah 2000.
- [EI03] Eisenbahn-Revue International 12/2003, Beitrag: ESTW Braunschweig in Betrieb.
- [EI13] Eisenbahn-Revue International 10/2013, Beitrag: Fahrdienstleiter-Mangel bei der DB führt zu Zugausfällen, Die Stellwerke der DB.
- [EJ04] Endsley, M., Jones, D.: Designing for Situation Awareness – An Approach to User-Centered Design, CRC Press, Boca Raton 2004.
- [ER94] Endsley, M., Rodgers, M.: Situation Awareness Information Requirements for En Route Air Traffic Control, Final Report, US Department of Transportation, Washington DC 1994.
- [ERN75] Ernst, J.: Das SpDrS60-Stellwerk, Eisenbahn-Lehrbücherei der Deutschen Bundesbahn, Band 89, 1. Auflage 1975.
- [EST14] ESTWsim: Simulationen – Bedienungsanleitung ESTWrzü, Handbuch, Stand 2014.
- [FEN07] Fendrich, L.: Handbuch Eisenbahninfrastruktur, Springer-Verlag, Berlin 2007.
- [FNT03] Fenner, W., Naumann, P., Trinckauf, J.: Bahnsicherungstechnik, Publicis Corporate Publishing, Erlangen 2003.

- [GBS12] Golightly, D., Balfe, N., Sharples, S., Lowe, E.: Measuring situation awareness in rail signaling, in: Wilson, J., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J., Dadashi, N.: Rail Human Factors around the World, CRC Press, Leiden 2012.
- [GWL10] Golightly, D., Wilson, J., Lowe, E., Sharples, S.: The role of situation awareness for understanding signaling and control in rail operations, in: Theoretical Issues in Ergonomics Science 1+2/2010.
- [HAL14] Haller, A.: Wie eine höhere Bedienereffizienz des Automatisierungssystems erreicht werden kann, Artikel vom 17.11.2011, http://www.process.vogel.de/automatisierung_prozess-leittechnik/articles/339225/, eingesehen am 07.10.2014.
- [HAP71] Happel, O.: Arbeits- und Zeitstudien sowie Durchleuchtungen im Eisenbahnbetrieb, in: Eisenbahntechnische Rundschau 4/1971.
- [HAY13] Hayden-Smith, N.: The future of signaller workload assessments in an automated world, in: Dadashi, N., Scott, A., Wilson, J., Mills, A.: Rail Human Factors, CRC Press, Leiden 2013.
- [HEI00] Hein, F.: Sp Dr 60-Stellwerke bedienen, Teil A: Regelbetrieb, 3. Auflage, Eisenbahn-Fachverlag, Heidelberg / Mainz 2000.
- [HEI10] Heil, M.: Die Netzleitzentrale, in: Deine Bahn 2/2012.
- [HEL64] Hellmuth, H.: Bedienen mechanischer und elektromechanischer Stellwerke, Bundesbahn-Lehrbücherei, Band 34, 2. Auflage 1964.
- [HKL05] Heister, G., Kuhnke, J., Lindstedt, C., Pomp, R., Schaer, T., Schill, T., Schmidt, S., Wagner, N., Weber, W.: Eisenbahnbetriebstechnologie, DB Fachbuch, Eisenbahn-Fachverlag 1. Auflage 2005.
- [HMR08] Hegger, A., Marks-Fährmann, U., Restetzki, K.: Grundwissen Bahn, 4. Auflage, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, Haan-Gruiten 2008.
- [HOE09] Hörmann Funkwerk Kölleda GmbH: GSM-R-Umrüstung von Betriebszentralen der Bahn, Informationsbroschüre, Stand 08/2009.
- [HOF30] Hofmann, K.: Vergleichende Arbeits- und Zeitstudien über den sächsischen und preußischen Eisenbahn-Blockdienst, Dissertation, Teubner-Verlag, Dresden 1930.
- [HOM04] Homeyer, D.: Die Zuglenkung mit Lenkplan, in: Deine Bahn 5/2004.
- [JAC03] Jacobs, J.: Rechnergestützte Konfliktermittlung und Entscheidungsunterstützung bei der Disposition des Zuglaufs, Dissertation, Aachen 2003.
- [JF80] Janning, H., Fabritz, F.: Bedienen von E43-Stellwerken, DB-Fachbuch, Band 4/12, 1980.

- [JON01] Jonas, W.: Elektronische Stellwerke bedienen – Der Regelbetrieb, DB Fachbuch, Eisenbahn-Fachverlag, Heidelberg / Mainz 2001.
- [LM12] Lindner, T., Milius, B.: Modellierung von Arbeitsaufgaben zur Untersuchung des menschlichen Fehlverhaltens am Beispiel des Fahrdienstleiters, in: Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme, Bericht zum 58. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften, Verlag GfA-Press, Dortmund 2012.
- [LOS12] Losby, J.: CDC Coffee Break – Using Likert Scales in evaluation survey work, National Center for chronic disease prevention and health promotion, 2012.
- [LP08] Lowe, E., Pickup, L.: Network Rail Signallers Workload Toolkit, Proceedings of the International Conference on Contemporary Ergonomics, Nottingham 2008.
- [MAS12] Maschek, U.: Sicherung des Schienenverkehrs, Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2012.
- [MUE06] Müller, K.: GSM-R – Herausforderungen und Zukunft des digitalen Funks, in: Deine Bahn 3/2006.
- [NP04] Naumann, P., Pacht, J.: Leit- und Sicherungstechnik im Bahnbetrieb, Fachlexikon, 2. Auflage, Tetzlaff-Verlag, Hamburg 2004.
- [NR14] Network Rail: Ergotools – Signaller Workload Toolkit: Activity Analysis Tool V1.0 (Excel-Dokument); <http://ergotools.co.uk/Content/Documents/ActivityAnalysisToolV1.0.xls>, abgerufen am 22.10.2014.
- [PAC08] Pacht, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs, 5. Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2008.
- [PBL13] Pickup, L., Balfe, N., Lowe, E., Wilson, J.: He's not from around here – The significance of local knowledge, in: Dadashi, N., Scott, A., Wilson, J., Mills, A.: Rail Human Factors, CRC Press, Leiden 2013.
- [PIC07] Pickup, L.: An Overview of the Development, testing and Application of the Workload Toolkit, IOE/RAIL/06/02R, Version 2, 2007.
- [POT80] Potthoff, G.: Verkehrsströmungslehre, Band 1, 3. Auflage, Transpress, Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1980.
- [PSN04] Pickup, L., Smith, S., Nichols, S., Wilson, J.: The Integrated Workload Scale (IWS) Guidance Note, IOE/RAIL/03/20, Version 3, 2004.
- [PW04] Pickup, L., Wilson, J.: Workload Principle Guidance Note, IOE/RAIL/03/14, Version 3, 2004.
- [PWL10] Pickup, L., Wilson, J., Lowe, E.: The Operational Demand Evaluation Checklist (ODEC) of workload for railway signalling, in: Applied Ergonomics 3/2010, S. 393-402.

- [PWN05] Pickup, L., Wilson, J., Norris, B., Mitchell, L., Morrisroe, G.: The Integrated Workload Scale (IWS): A new self-report tool to assess railway signaller workload, in: Applied Ergonomics 6/2005, S. 681-693.
- [RAB26] Rabenalt: Eine Zeitstudie im Eisenbahnbetriebsdienst, in: Verkehrstechnische Woche 9/1926.
- [RAU09] Rauch, N.: Ein verhaltensbasiertes Messmodell zur Erfassung von Situationsbewusstsein, Dissertation, Würzburg 2009.
- [REM08] Remmerswaal, P.: The fantasy of added immersion through interactivity, Masterarbeit, Leiden 2008.
- [SAS53] Sasse, H.: Sperrzeit und Signalteilung bei Selbstblock, in: Der Eisenbahningenieur 11/1953.
- [SCH05] Schaer, T.: Automation des Bahnbetriebs – Ziele und Ansätze bei der Deutschen Bahn AG, in: Deine Bahn 9/2005.
- [SIE96] Siemens: Sicherheit für die Bahnen – Das elektronische Stellwerk Hannover Hbf der Deutschen Bahn, Informationsbroschüre, 1996.
- [SPE09] Speiser, N.: Automatisierte Steuerung von Zugfahrten, in: Deine Bahn 03/2009.
- [STE26] Steuernagel, K.: Nochmals Zeitstudien im Eisenbahndienst, in: Verkehrstechnische Woche 31/1926.
- [TAY90] Taylor, R. M.: Situational Awareness Rating Technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design, in: Situational Awareness in Aerospace Operations (AGARD-CP-478), Neuilly-sur-Seine 1990.
- [TEC27] Tecklenburg: Arbeits- und Zeitstudien im Eisenbahnbetriebsdienst, in: Die Reichsbahn 6/1927.
- [TET26] Tetzlaff: Zeitstudien im Eisenbahnbetriebsdienst, in: Verkehrstechnische Woche 25/1926.
- [WAR79] Warninghoff, H.: Das mechanische Stellwerk, DB-Fachbuch, Band 8/50, 1979.
- [WL87] Walter, H., Lennartz, K.: Einsatz von elektronischen Stellwerken auf Neubaustrecken, in: Eisenbahntechnische Rundschau 4/1987.
- [ZOE05] Zoeller, H.-J.: Handbuch der ESTW-Funktionen, Nachdruck der 1. Auflage, Eurailpress, Hamburg 2005.

Anhang 1 – Fragebogen im angewandten Layout

Fragebogen zur Untersuchung

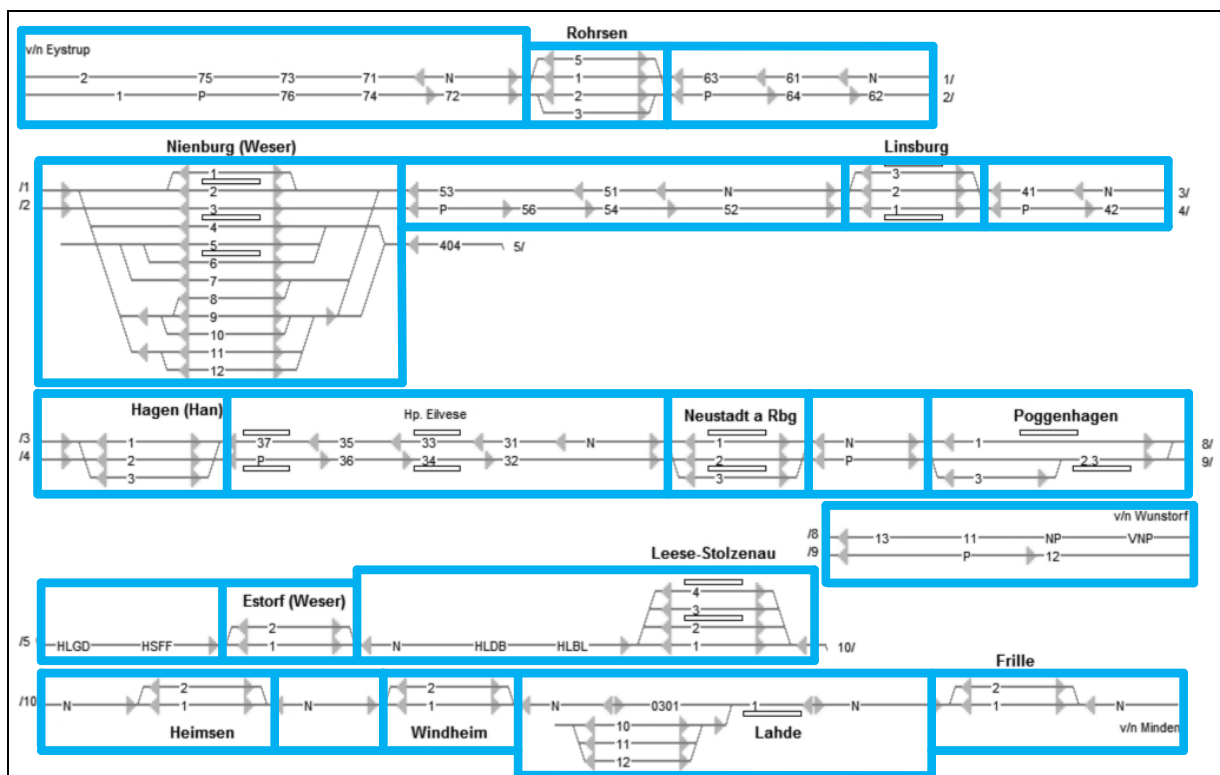
Anzahl Züge: _____

Fragebogen Nr.: _____

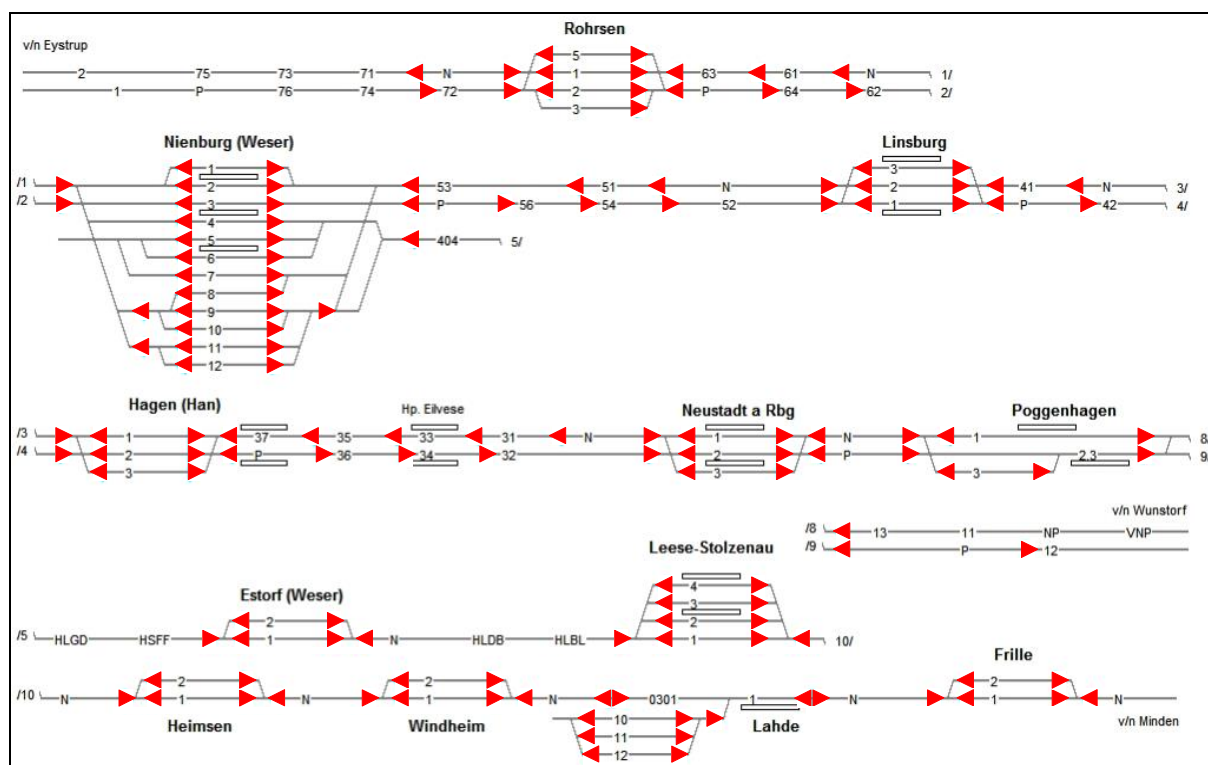
TEIL A – Fragen zum Situationsbewusstsein

Frage 1: Wo befinden sich Zugfahrten im System?

1. Abbildung: Es sind die einzelnen (blau dargestellten) Markierungsbereiche anzukreuzen, in denen sich Zugfahrten befinden. Für jede Zugfahrt ist ein Kreuz zu setzen, bei zwei (oder mehr) Zügen in einem Markierungsbereich sind also mehrere Kreuze zu setzen:

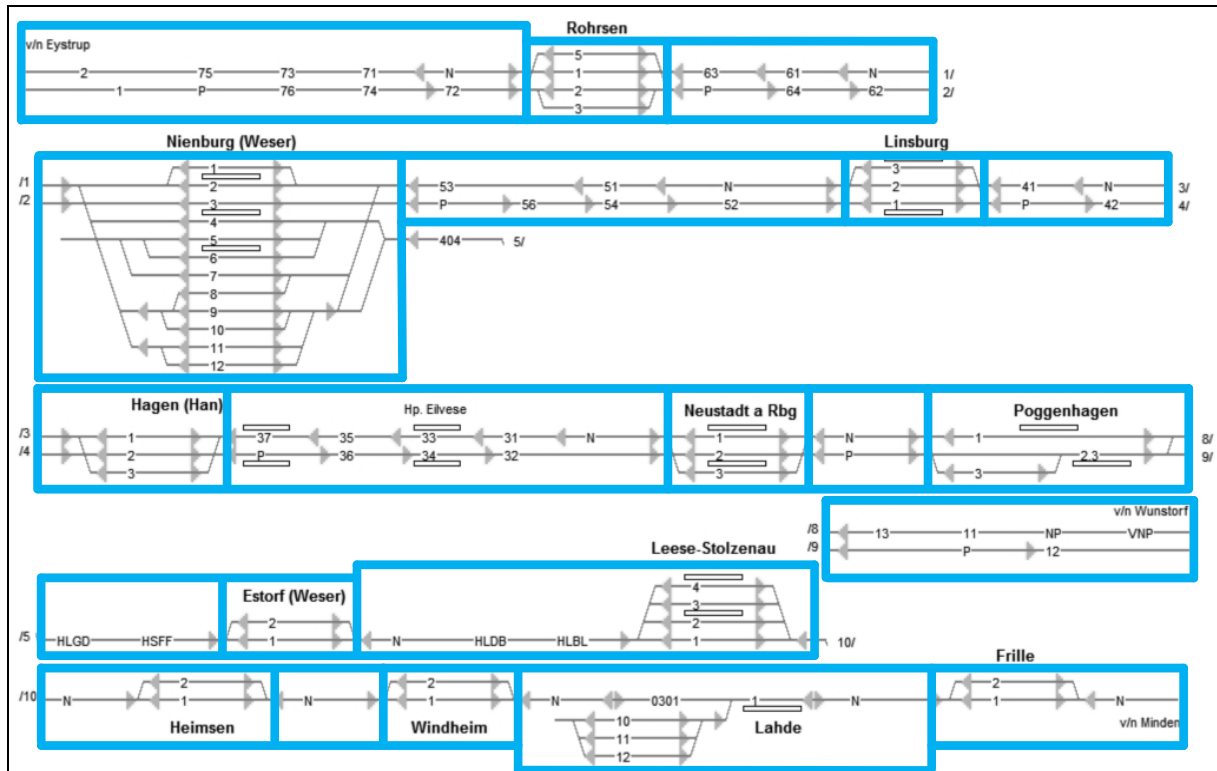


2. Abbildung: Es sind die Belegungsabschnitte anzukreuzen, in denen sich Zugfahrten befinden. Für jede Zugfahrt ist ein Kreuz zu setzen:

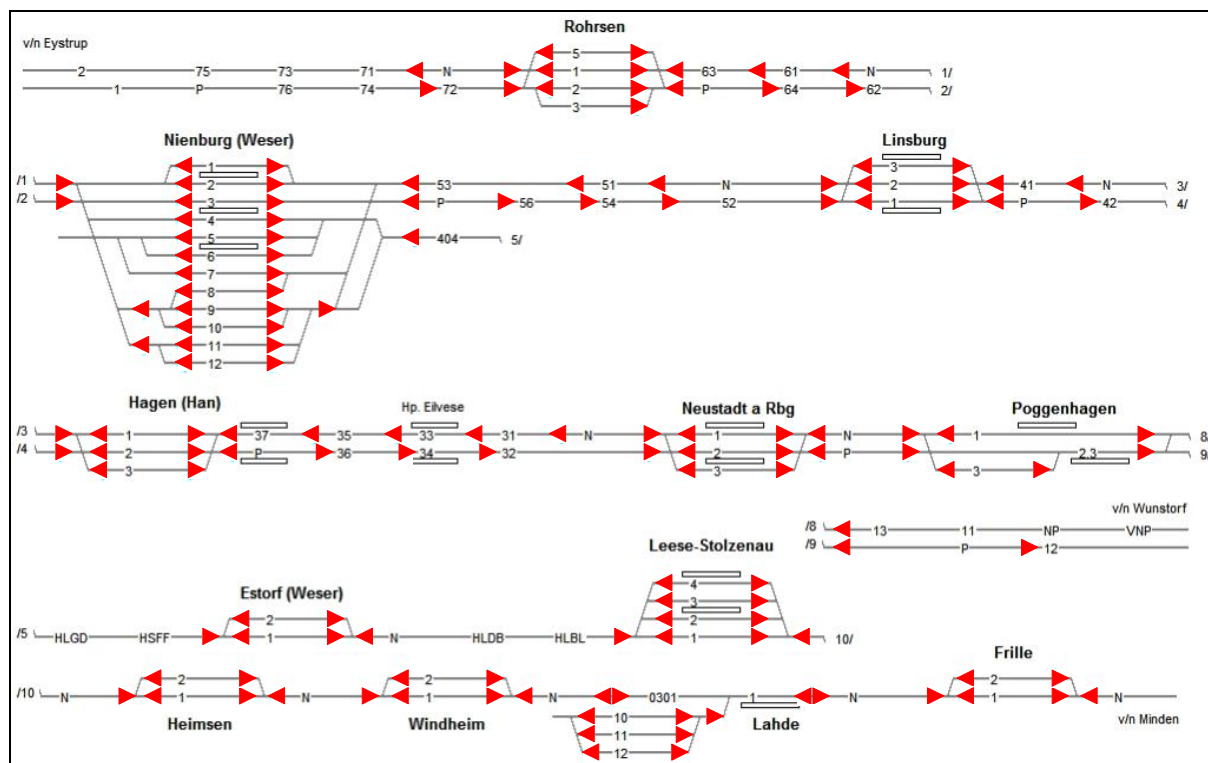


Frage 2: In welchen Abschnitten des Systems befinden sich verspätete Zugfahrten?

1. Abbildung: Es sind die einzelnen (blau dargestellten) Markierungsbereiche anzukreuzen, in denen sich verspätete Zugfahrten befinden. Für jede verspätete Zugfahrt ist ein Kreuz zu setzen, bei zwei (oder mehr) Zügen in einem Markierungsbereich sind also mehrere Kreuze zu setzen:



2. Abbildung: Es sind die Belegungsabschnitte anzukreuzen, in denen sich verspätete Zugfahrten befinden. Für jede verspätete Zugfahrt ist ein Kreuz zu setzen:



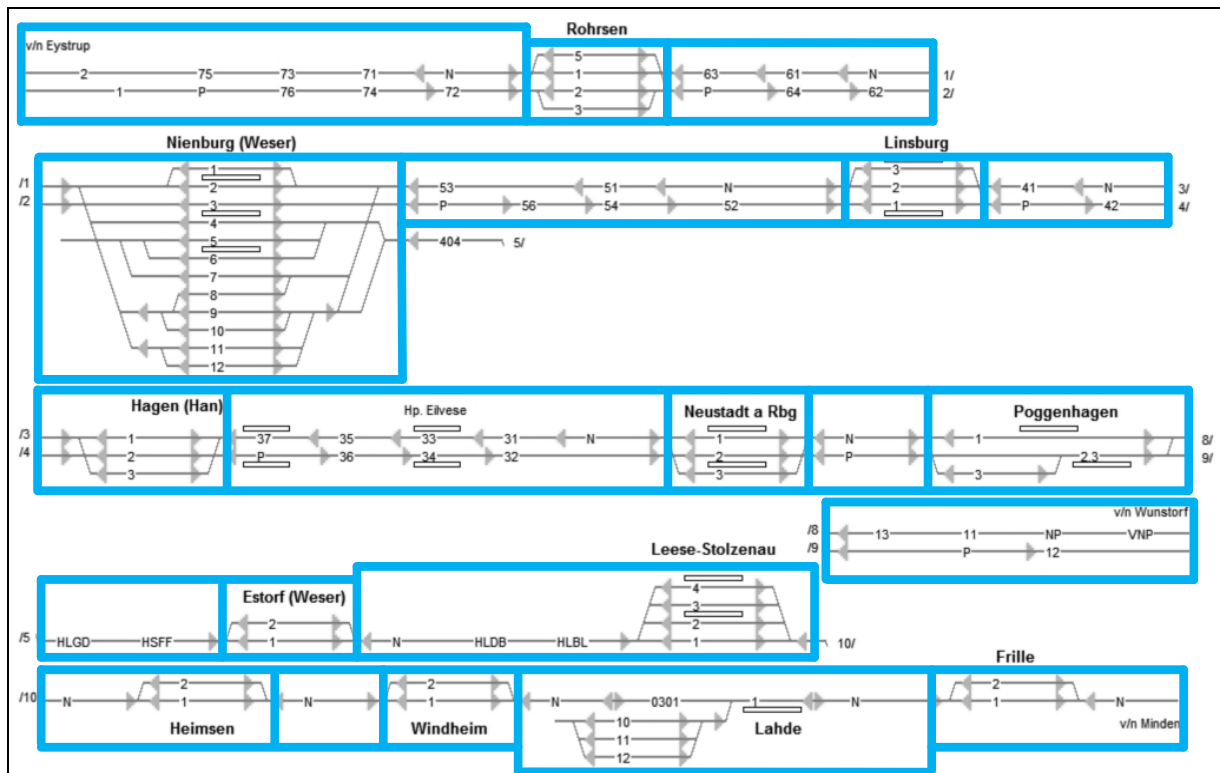
Frage 3: Wie viele Minuten beträgt die größte Verspätung im Netz ungefähr?

Antwort: _____ Minuten

Frage 4: Welche Prioritäten (Zuggattungen) besitzen die Züge im System?

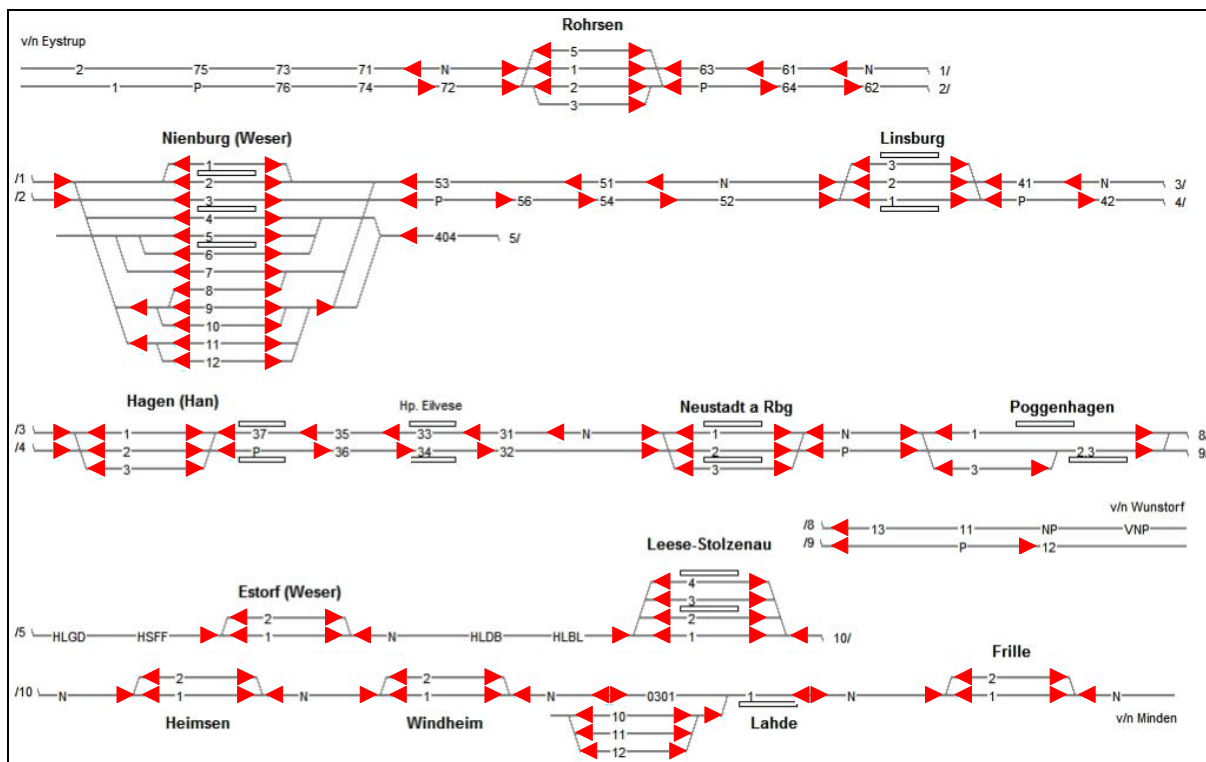
1. Abbildung: Es sind in den einzelnen (blau dargestellten) Markierungsbereichen die Zuggattungen der Züge im System einzutragen. Güterzuggattungen sind vereinfachend einheitlich als „Gz“ zu berücksichtigen. Zu verwenden sind insgesamt die folgenden Kürzel:

ICE (InterCityExpress), IC (InterCity), RE (RegionalExpress), S (S-Bahn), Gz (Güterzug)



2. Abbildung: Es sind in die Belegungsabschnitte die Zuggattungen der Züge im System einzutragen. Güterzuggattungen sind vereinfachend einheitlich als „Gz“ zu berücksichtigen. Zu verwenden sind insgesamt die folgenden Kürzel:

ICE (InterCityExpress), IC (InterCity), RE (RegionalExpress), S (S-Bahn), Gz (Güterzug)



Frage 5: Kann es zwischen bestimmten Zügen sinnvoll sein, in den nächsten Minuten eine außerplanmäßige Änderung in der Zugreihenfolge vorzusehen?

JA	NEIN
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Falls „JA“ angekreuzt:

Um welche Situation handelt es sich? Zur Beantwortung der Frage ist die Art der Änderung der Zugreihenfolge (Überholung oder Kreuzung) anzugeben, die hierfür optimalerweise zu nutzende Betriebsstelle (auch mehrere Angaben möglich, falls nicht eindeutig) sowie die Zuggattungen der betroffenen Züge.

Situation 1:

Art der Änderung der Zugreihenfolge: _____ (Beispiel: Überholung)

Mögliche Betriebsstelle/n: _____ (Beispiel: Nienburg)

Zuggattungen der betroffenen Züge: _____ (Beispiel: S und IC)

Situation 2 (sofern zusätzlich zu Situation 1 vorhanden):

Art der Änderung der Zugreihenfolge: _____ (Beispiel: Kreuzung)

Mögliche Betriebsstelle/n: _____ (Beispiel: Leese-Stolzenau)

Zuggattungen der betroffenen Züge: _____ (Beispiel: Gz und RB)

TEIL B – Fragen zur subjektiven Einschätzung der Beanspruchung

Frage 1: Fühlen Sie sich in der Ausführung der Simulation überlastet?

JA	NEIN
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Frage 2: Sofern Sie Frage 1 mit „NEIN“ beantwortet haben, wie stark fühlen Sie sich belastet?

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belastet					sehr stark belastet

Frage 3: Wie schwer wäre es Ihrer Meinung, überwachenden Aufgaben in einem Umfang dieser Simulation über einen Zeitraum von mehreren Stunden aufmerksam nachzugehen?

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sehr einfach					sehr schwer

Anhang 2 – Unterlagen für Probanden zur Vorbereitung und Durchführung der Simulationen

Anhang 2.1 Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung der Simulationen

Fahrtrouten der Züge im Bedienbereich

ICE-Züge:	Eystrup – Wunstorf u.z.
IC-Züge:	Eystrup – Wunstorf u.z.
RE-Züge (Strecke Hannover – Bremen):	Eystrup – Wunstorf u.z.
RE-Züge (Strecke Minden – Rotenburg):	Eystrup – Nienburg – Minden u.z.
S-Züge:	Nienburg – Wunstorf u.z. (Züge beginnen und enden alle in Nienburg!)
Gz-Züge:	Eystrup – Wunstorf u.z. sowie Eystrup – Nienburg – Minden u.z.

Mit Ausnahme der S-Züge und wenigen Güterzügen enden keine Züge innerhalb des Bedienbereichs. Alle sonstigen Züge fahren durch den gesamten Bedienbereich (siehe auch „Angaben zu den Fahrtzielen ...“).

Planmäßige Änderungen in der Zugreihenfolge

Es sind keine planmäßigen Überholungen sowie Kreuzungen in den zur Übung genutzten Fahrplänen vorgesehen. Sämtliche Änderungen in der Zugreihenfolge erfolgen damit über dispositive Maßnahmen im Fall von betrieblichen Unregelmäßigkeiten (hier: ausschließlich Verspätungen).

Planmäßige Halte der Züge im Bedienbereich

ICE-Züge:	kein Halt im Bedienbereich
IC-Züge:	Nienburg
RE-Züge (Strecke Hannover – Bremen):	Nienburg, Neustadt
RE-Züge (Strecke Minden – Rotenburg):	Nienburg, Leese-Stolzenau, Lahde
S-Züge:	Nienburg, Linsburg, Hagen, Eilvese, Neustadt, Poggenhagen
Gz-Züge:	keine Verkehrshalte; fahren im Optimalfall ohne Halt durch den Bedienbereich (sofern sie nicht dort enden)

Grundsätzliche Rangfolge der Prioritäten

Zuggattung / Priorität (1 = höchste Priorität, 5 = niedrigste Priorität)

ICE / 1 -> IC / 2 -> RE / 3 -> S / 4 -> Gz / 5

Annahme: Alle Güterzüge besitzen gleichermaßen die niedrigste Priorität.

Ungefähre Durchschnittsfahrzeiten durch den Bedienbereich

Zuggattung / Fahrzeit (min) im Streckenabschnitt

ICE-Züge: 6 min Eystrup – Nienbg u.z. 14 min Nienbg – Wunstorf u.z.

IC-Züge: 7 min Eystrup – Nienbg u.z. 16 min Nienbg – Wunstorf u.z.

RE-Züge (Strecke Hannover – Bremen):

9 min Eystrup – Nienbg u.z. 20 min Nienbg – Wunstorf u.z.

RE-Züge (Strecke Minden – Rotenburg):

12 min Eystrup – Nienbg u.z.

48 min Nienbg – Minden u.z.

S-Züge: 28 min Nienbg – Wunstorf u.z.

Gz-Züge: 10 min Eystrup – Nienbg u.z. 26 min Nienbg – Wunstorf u.z.

44 min Nienbg – Minden u.z.

Folgerung: Überholungen zwischen ICE und IC sind nicht zu disponieren, ebenso nicht zwischen S und Gz, da hier nahezu identische, durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten gegeben sind. Überholungen zwischen ICE / IC und Gz sind hingegen beim Auffahren eines ICE / IC auf einen Gz bzw. zwischen RE und Gz als besonders sinnvoll zu erachten und damit zu erkennen.

Angaben zu den Fahrtzielen und Eigenschaften der Züge aus den verschiedenen Simulationen

Im Folgenden werden die relevanten Eigenschaften der Züge zu den einzelnen Simulationen tabellarisch dargestellt. Züge mit Angaben „nach Wunstorf“, „nach Minden“ oder „nach Eystrup“ besitzen ihr Ziel außerhalb des Bedienbereichs. Züge mit Angaben „nach Lahde“ oder „nach Nienburg“ enden im Bedienbereich. In den Simulationen nutzen die Züge stets die durchgehenden Hauptgleise. Ausnahmen: S-Bahn-Züge im Bahnhof Linsburg (Fahrtrichtung Nienburg), welche das Außengleis nutzen müssen, da das Hauptgleis Richtung Westen keinen Bahnsteig aufweist sowie RE-Züge in Leese-Stolzenau (beide Fahrtrichtungen), welche die Gleise 3 bzw. 4 nutzen. In Nienburg endende bzw. beginnende S-Bahn-Züge nutzen in der dortigen Betriebsstelle Gleis 4.

Übersicht folgender Angaben: Zugnummer / Zuggattung / Priorität / Fahrtziel

Vorbereitende Simulation V1 (2 Züge):

53561 / Gz / 5 / nach Wunstorf

56721 / Gz / 5 / nach Eystrup

Vorbereitende Simulation V2 (4 Züge):

2135 / IC / 2 / nach Wunstorf

24292 / RE / 3 / nach Eystrup

53523 / Gz / 5 / nach Wunstorf

94228 / S / 4 / nach Nienburg

Vorbereitende Simulation V3 (6 Züge):

775 / ICE / 1 / nach Wunstorf

24044 / RE / 3 / nach Eystrup

24555 / RE / 3 / nach Eystrup

51112 / Gz / 5 / nach Eystrup

60325 / Gz / 5 / nach Wunstorf

94210 / S / 4 / nach Nienburg

Simulation S1 (4 Züge):

777 / ICE / 1 / nach Wunstorf

24050 / RE / 3 / nach Eystrup

62813 / Gz / 5 / nach Wunstorf

94222 / S / 4 / nach Nienburg

Simulation S2 (6 Züge):

538 / ICE / 1 / nach Eystrup

24051 / RE / 3 / nach Wunstorf

24560 / RE / 3 / nach Minden

42006 / Gz / 5 / nach Eystrup

42902 / Gz / 5 / nach Eystrup

62805 / Gz / 5 / nach Nienburg

Simulation S3 (8 Züge):

24287 / RE / 3 / nach Wunstorf

24561 / RE / 3 / nach Eystrup

53516 / Gz / 5 / nach Eystrup

62376 / Gz / 5 / nach Nienburg

62813 / Gz / 5 / nach Wunstorf

62942 / Gz / 5 / nach Eystrup

64375 / Gz / 5 / nach Wunstorf
94222 / S / 4 / nach Nienburg

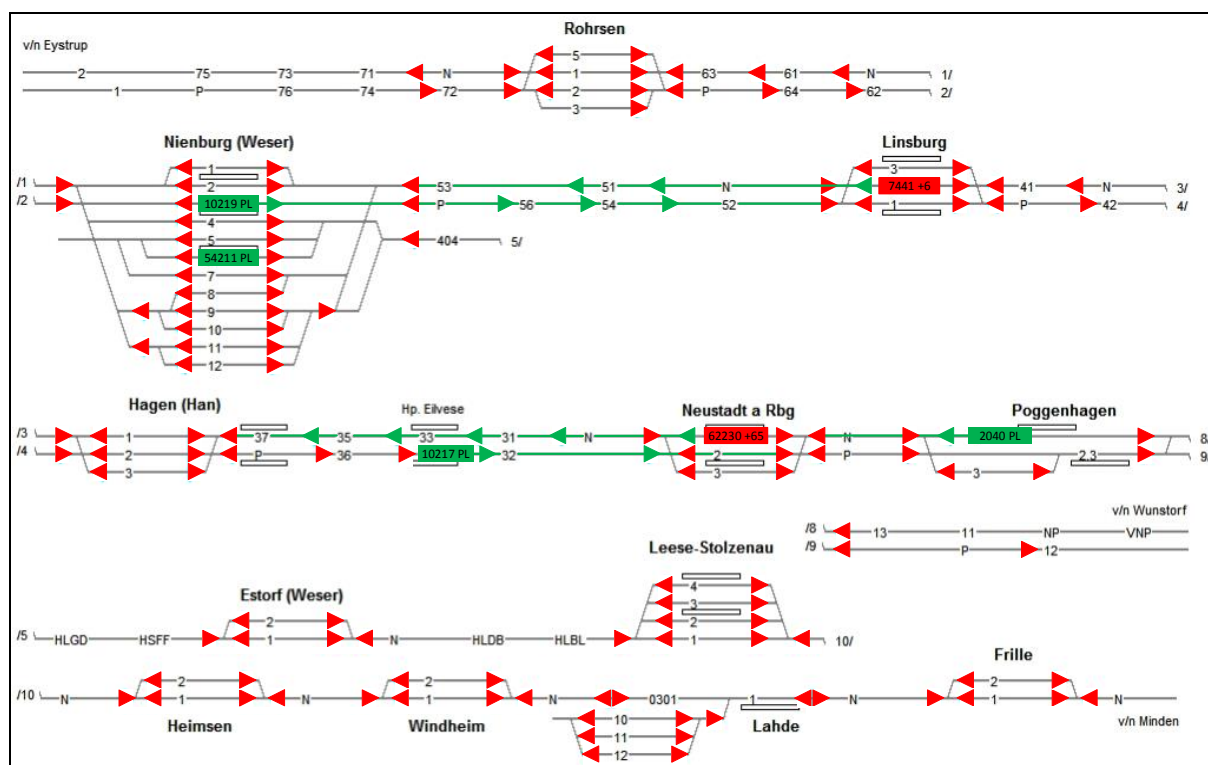
Simulation S4 (10 Züge):

779 / ICE / 1 / nach Wunstorf
24054 / RE / 3 / nach Eystrup
24564 / RE / 3 / nach Minden
43431 / Gz / 5 / nach Wunstorf
53522 / Gz / 5 / nach Eystrup
53546 / Gz / 5 / nach Eystrup
53580 / Gz / 5 / nach Eystrup
64374 / Gz / 5 / nach Eystrup
80217 / Gz / 5 / nach Wunstorf
80219 / Gz / 5 / nach Wunstorf

Simulation S5 (12 Züge):

2134 / IC / 2 / nach Eystrup
24275 / RE / 3 / nach Wunstorf
24555 / RE / 3 / nach Nienburg
41817 / Gz / 5 / nach Wunstorf
42101 / Gz / 5 / nach Wunstorf
53540 / Gz / 5 / nach Eystrup
60325 / Gz / 5 / nach Wunstorf
62387 / Gz / 5 / nach Lahde
68273 / Gz / 5 / nach Wunstorf
77244 / Gz / 5 / nach Eystrup
80250 / Gz / 5 / nach Eystrup
94210 / S / 4 / nach Nienburg

Anhang 2.2 Erläuterung eines Betriebsbeispiels mit zugehöriger Beantwortung des Fragebogens



Belegung der Infrastruktur im Betriebsbeispiel

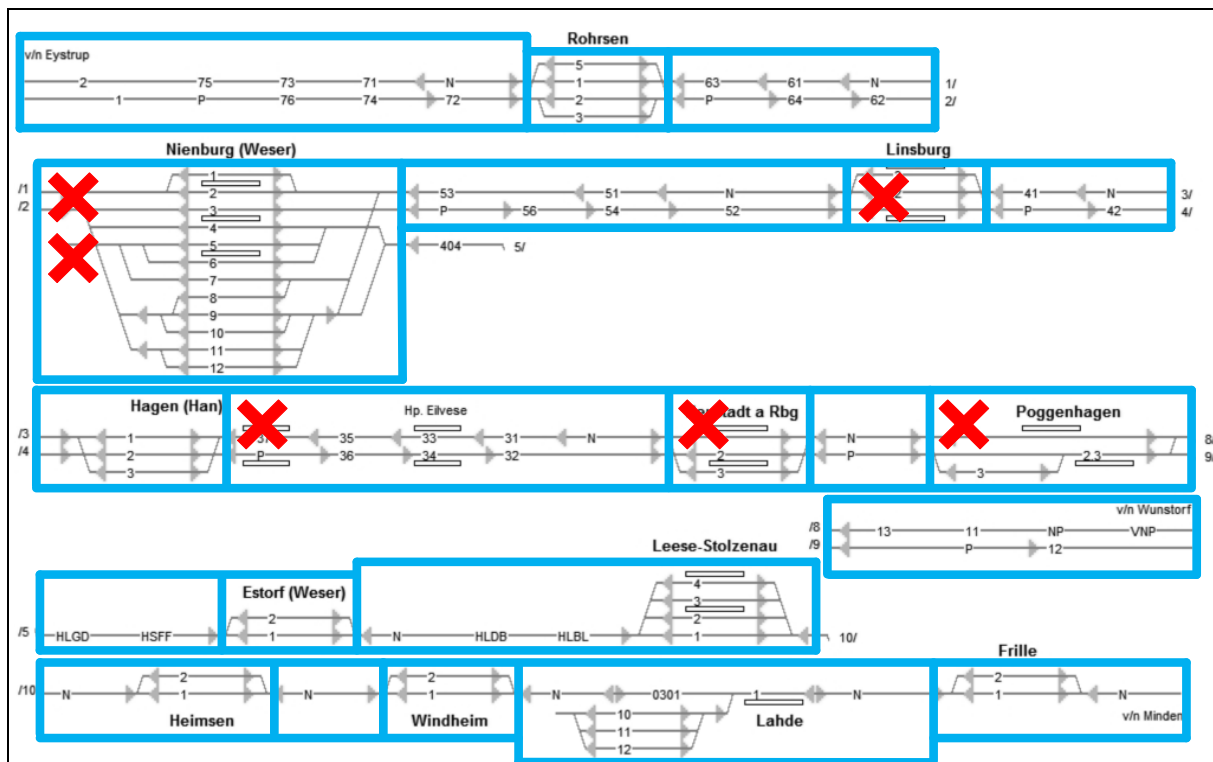
Zugübersicht zum Betriebsbeispiel

Betriebsstelle + Gleisabschnitt (Nr.) belegt	Fahrt in Richtung	Zuggattung (IC/RE/S/Gz) Zugnummer	Verspätung (Min)
Nienburg 3	Wunstorf	RE 10219	PL
Nienburg 6	Wunstorf	Gz IKL 54211	PL
Linsburg 2	Bremen	S 7441	+6
Neustadt 1	Bremen	Gz IKL 62230	+65
Eilvese 34	Wunstorf	RE 10217	PL
Poggenhagen 1	Bremen	IC 2040	PL

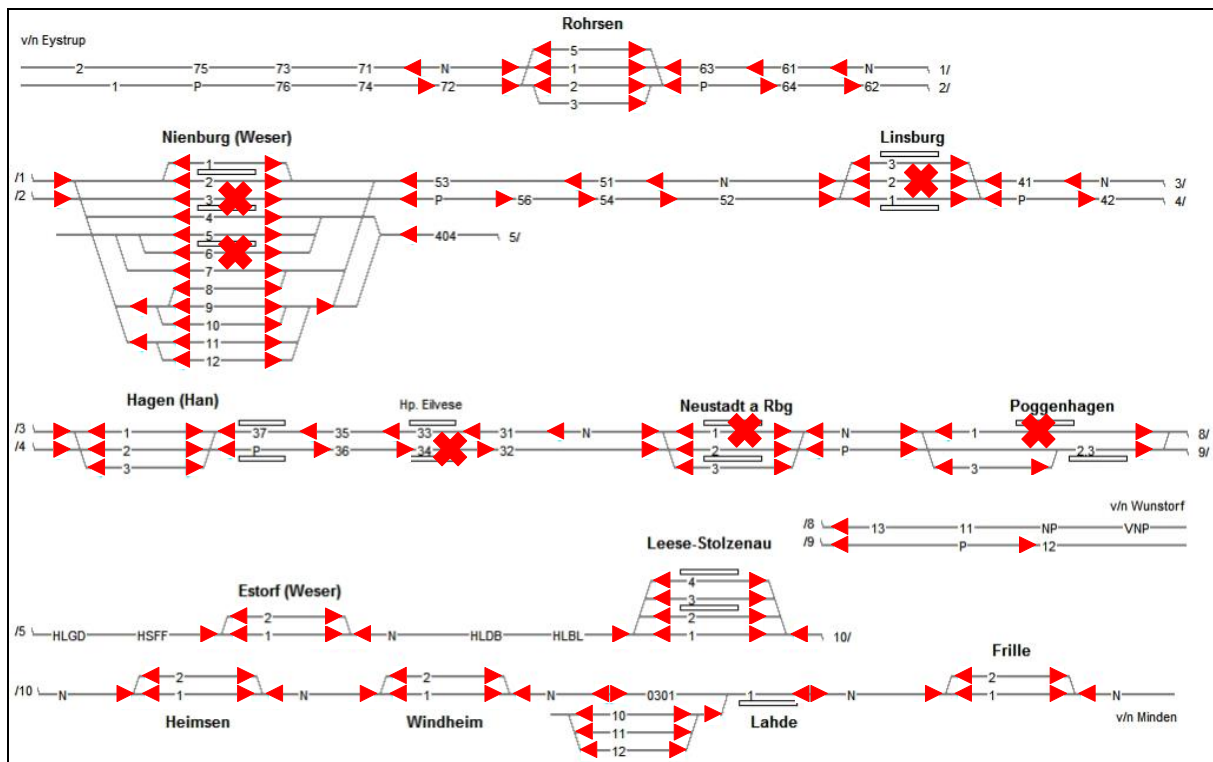
Teil A – Fragen zum Situationsbewusstsein

Frage 1: Wo befinden sich Zugfahrten im System?

Erläuterung: In den zwei Abbildungen sind die Streckenabschnitte anzukreuzen, welche unmittelbar vor bzw. zum Zeitpunkt der Beendigung der Simulation eine Belegung aufweisen. Der Proband ist sich aufgrund der Vielzahl an Belegungsabschnitten unter Umständen nicht ganz sicher, in welchem der Belegungsabschnitte sich gerade eine Zugfahrt befindet. Dennoch kann der Proband über eine ungefähre Vorstellung der Betriebssituation verfügen. Um dieses zu erfassen, wird eine feinere Skizze der Infrastruktur um eine gröbere Skizze ergänzt, mit welcher zunächst die ungefähre Position von Zugfahrten abgefragt wird.



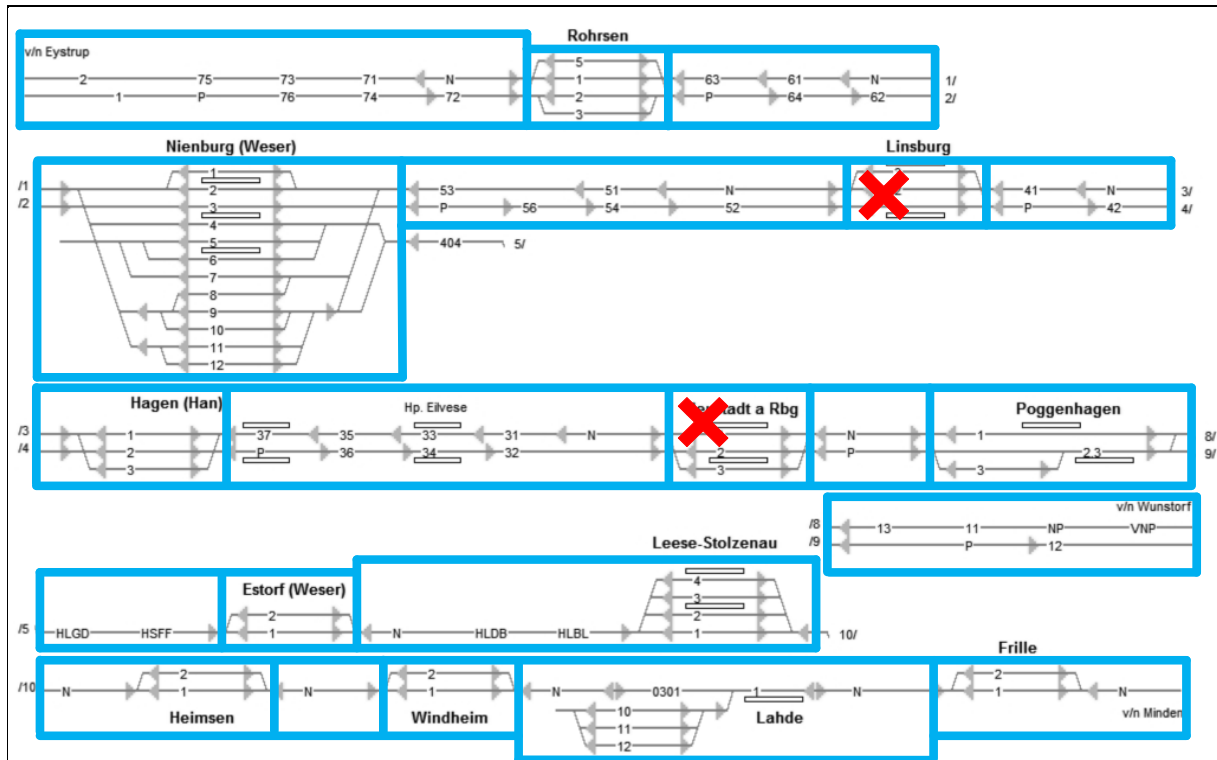
Grob-skizze der Infrastruktur mit Beantwortung der Frage 1



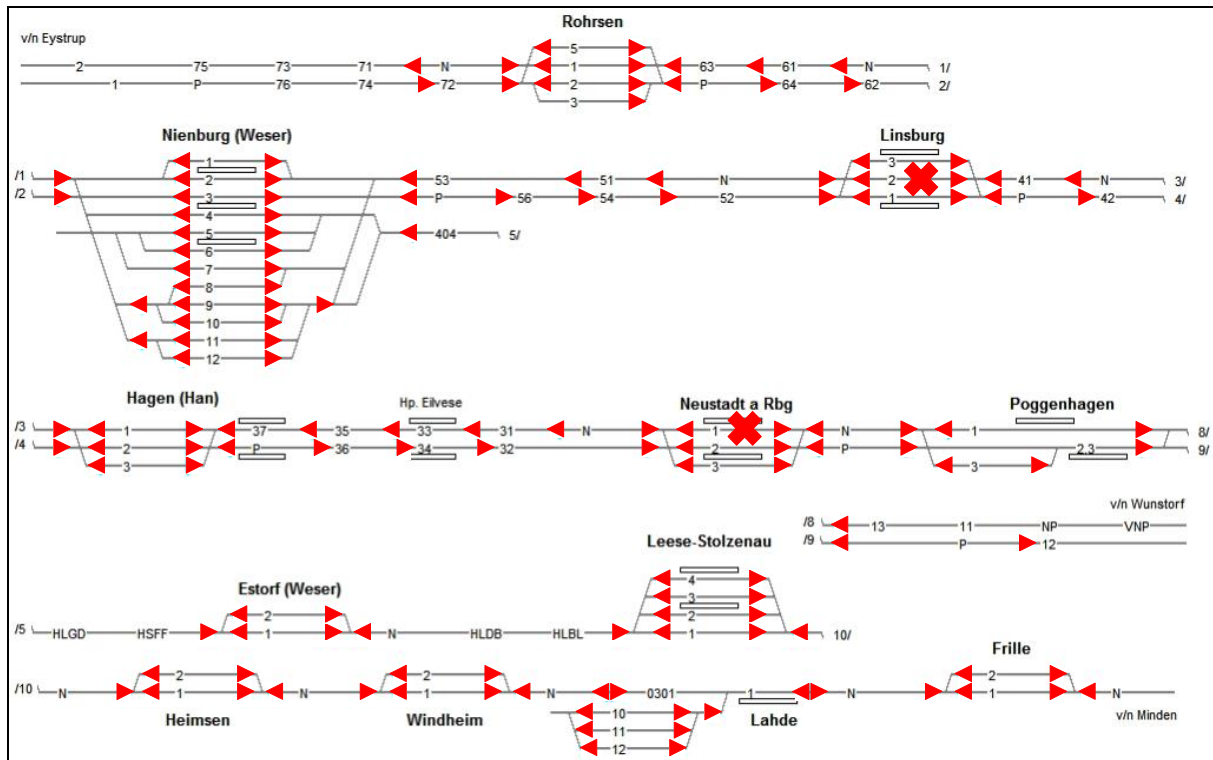
Feinskizze der Infrastruktur mit Beantwortung der Frage 1

Frage 2: In welchen Abschnitten des Systems befinden sich verspätete Zugfahrten?

Erläuterung: Analog zu den anzukreuzenden Abbildungen zu Frage 1: Der Proband ist sich aufgrund der Vielzahl an Belegungsabschnitten unter Umständen nicht ganz sicher, wo sich genau gerade eine Zugfahrt befindet. Dennoch kann der Proband über eine ungefähre Vorstellung von der Betriebssituation verfügen. Um dieses zu erfassen, wird die feinere Skizze der Infrastruktur um eine gröbere Skizze ergänzt, mit welcher zunächst die ungefähre Position von Zugfahrten abgefragt wird.



Grobskizze der Infrastruktur mit Beantwortung der Frage 2



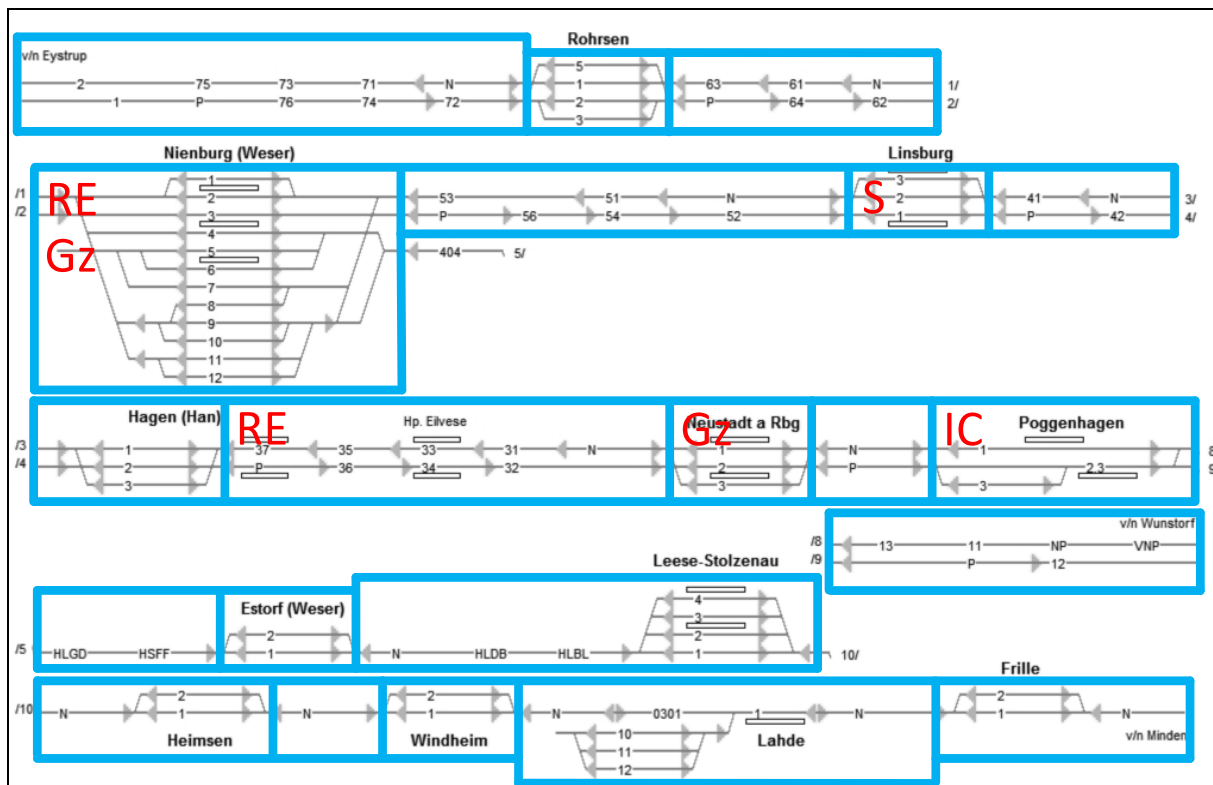
Feinskizze der Infrastruktur mit Beantwortung der Frage 2

Frage 3: Wie viele Minuten beträgt die größte Verspätung im Netz ungefähr?

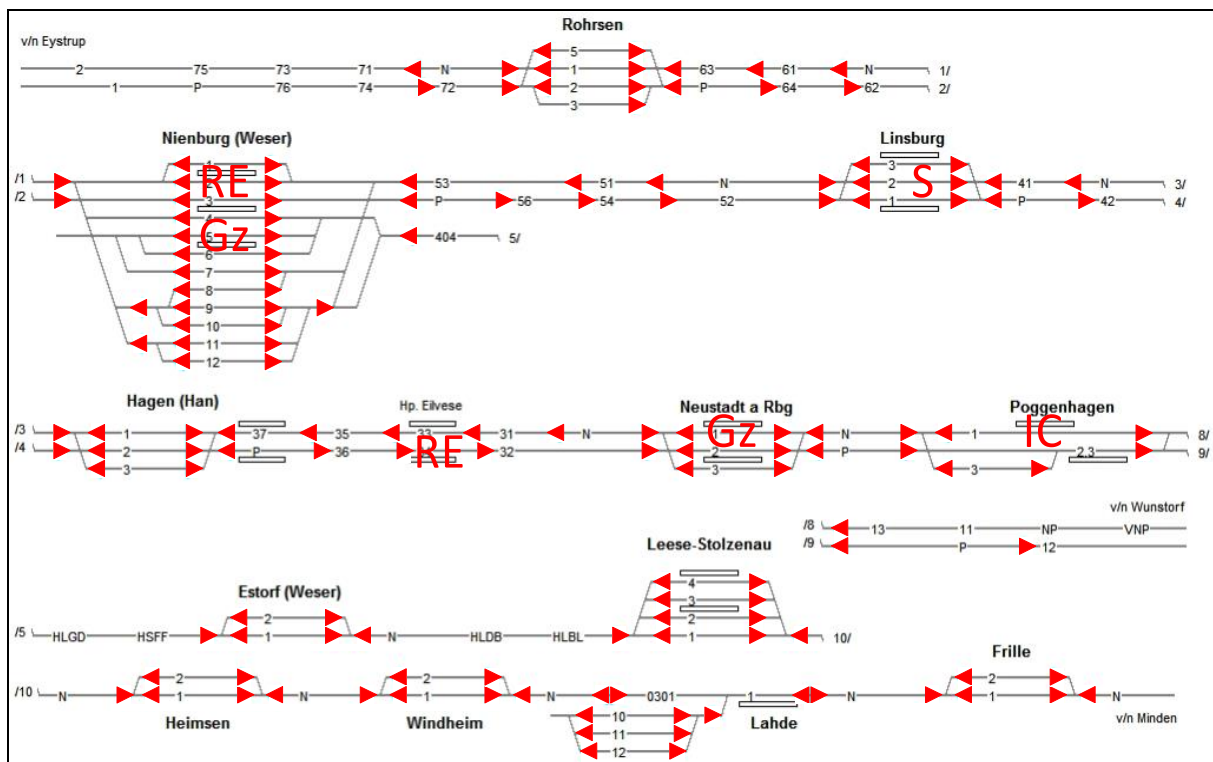
Erläuterung: Entsprechend der Betriebssituation im Betriebsbeispiel der Fragen 1-2 sind zwei Züge verspätet. Dabei handelt es sich um den S 7441 im Bahnhof Linsburg (Gleis 2) mit einer Verspätung von +6 Minuten sowie um den Güterzug IKL 62230 im Bahnhof Neustadt (Gleis 1) mit einer Verspätung von +65 Minuten.

Antwort: 65 Minuten

Frage 4: Welche Prioritäten (Zuggattungen) besitzen die Züge im System?



Grob-skizze der Infrastruktur mit Beantwortung der Frage 4



Feinskizze der Infrastruktur mit Beantwortung der Frage 4

Frage 5: Kann es zwischen bestimmten Zügen sinnvoll sein, in den nächsten Minuten eine außerplanmäßige Änderung in der Zugreihenfolge vorzusehen?

JA NEIN

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-------------------------------------	--------------------------

Erläuterung zum Betriebsbeispiel: Überholung des verspäteten Güterzuges IKL 62230, der sich im Bahnhof Neustadt (Gleis 1) befindet, durch den nachfolgenden IC 2040. Dazu bietet sich die Nutzung des Gleises 3 in Hagen (Han), oder die Nutzung des Gleises 3 in Linsburg an. Gleis 3 wird für den Halt des Güterzuges genutzt, während der IC diesen durch Nutzung von Gleis 1 (Hagen) bzw. Gleis 2 (Linsburg) überholen kann. Der Güterzug hätte in Linsburg bei der Ein- und Ausfahrt der Betriebsstelle das Gleis 2 zu kreuzen. Dieses kann sich auf den sonstigen Betrieb behindernd auswirken, insbesondere wenn zeitgleich eine kreuzende Fahrstraße für einen in Richtung Wunstorf verkehrenden Zug benötigt wird. Dies kann im Beispiel mit dem noch in Nienburg befindlichen RE 10219 der Fall sein. Eine Überholung in Linsburg wäre bezogen auf den RE 10219 günstiger als in Hagen, bewirkt hingegen jedoch, dass der IC 2040 über einen längeren Abschnitt dem langsamer vorausfahrenden Güterzug folgen muss und damit eventuell selbst eine Verspätung erfährt.

Eine Überholung im Bahnhof Neustadt ist nicht vorzusehen, da der Güterzug bereits Ausfahrt auf die anschließende Strecke besitzt.

Beantwortung der Frage im Beispiel:

Situation A:

Art der Änderung der Zugreihenfolge: Überholung (Beispiel: Überholung)

Mögliche Betriebsstelle/n: Hagen oder Linsburg (Beispiel: Nienburg)

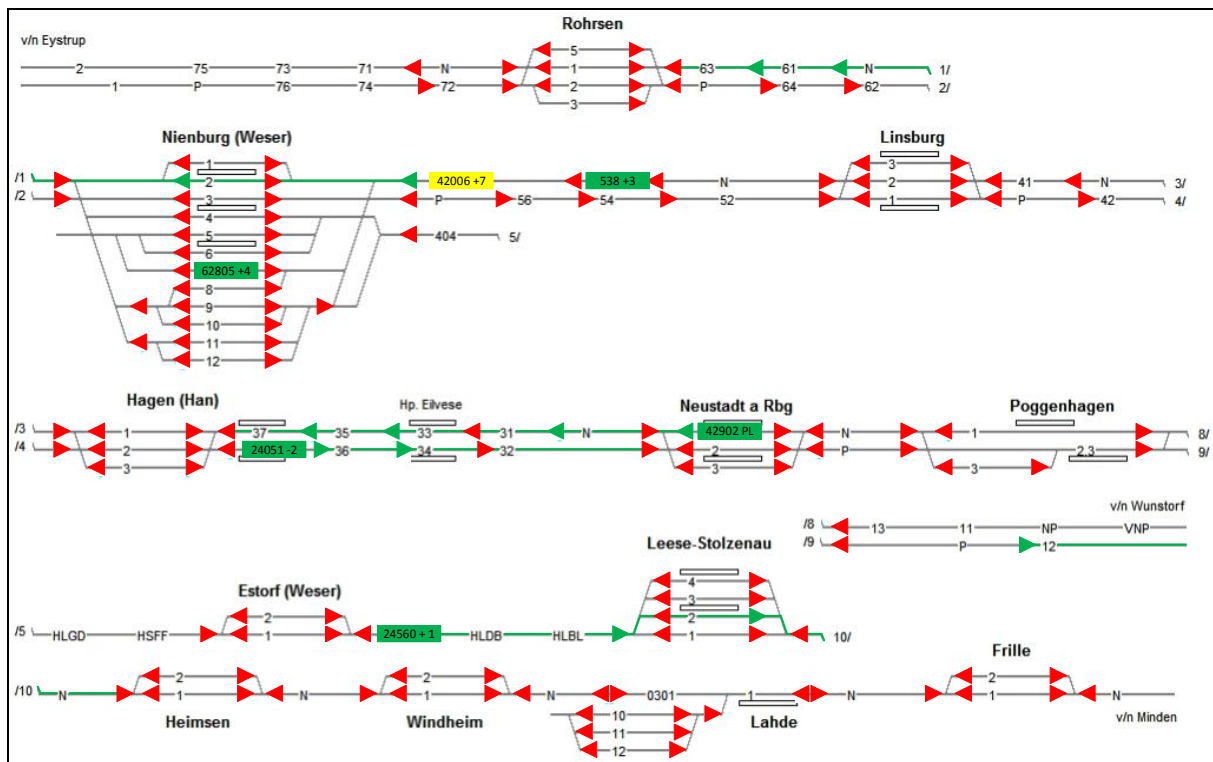
Zuggattungen der betroffenen Züge: Gz und IC (Beispiel: S und IC)

Situation B (sofern zusätzlich zu Situation A vorhanden):

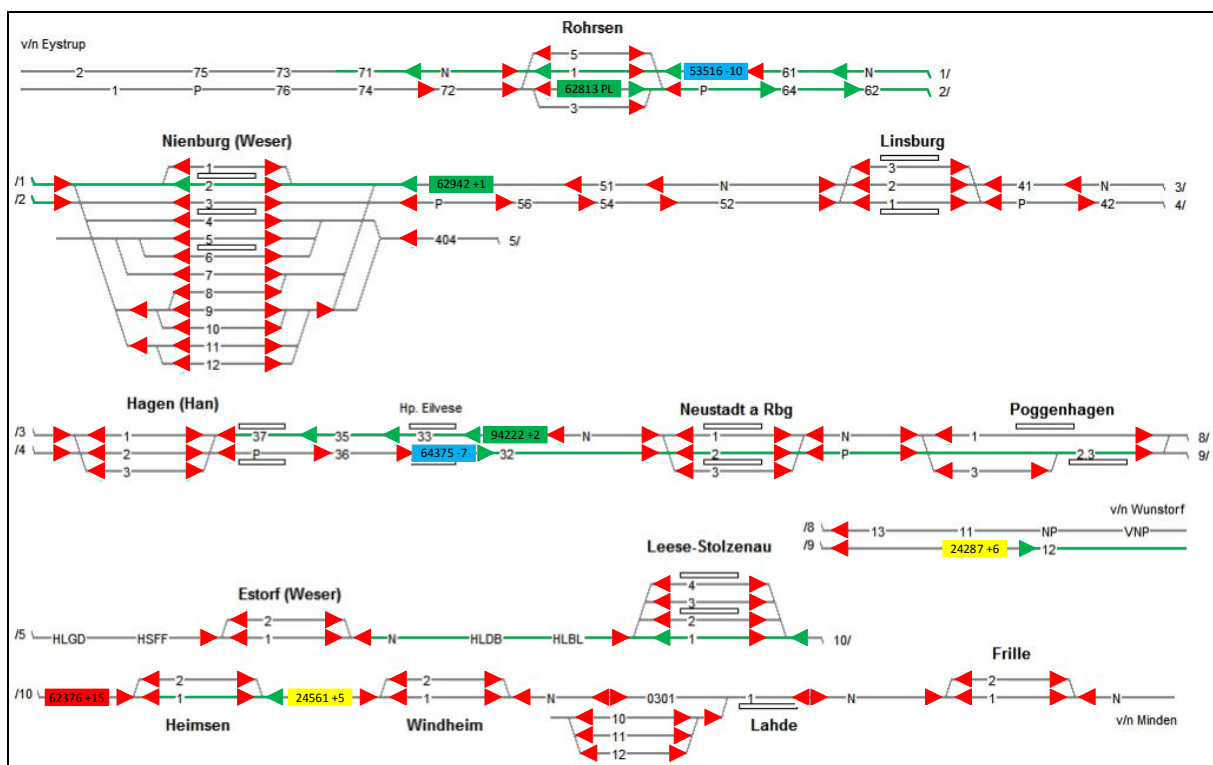
Es ist keine weitere Situation vorhanden.

TEIL B – Fragen zur subjektiven Einschätzung der Beanspruchung

Zur Beantwortung der Fragen sind in vorgegebene Auswahlkästchen Kreuze zu setzen. Die Antworten geben die eigene Einschätzung des Probanden zur Beanspruchung wieder und damit keine unmittelbaren Zustände einer gegebenen betrieblichen Situation. Daher kann an dieser Stelle keine Musterantwort zum Betriebsbeispiel angeführt werden.



Simulationslauf 2 (Durchführung – 6 Züge)



Simulationslauf 3 (Durchführung – 8 Züge)

Anhang 4 – Untersuchungsergebnisse zu den einzelnen Simulationsläufen

Anhang 4.1 Teil A – Frage 1

Teil A - Fragen zum Situationsbewusstsein - Frage 1									
Anzahl Züge	Proband	Ergebnisse zu den Fragebögen			Rechnerische Auswertung				
		Frage 1			Frage 1				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
4	1	4	4	0	91%	98%	55%	86%	93%
	2	4	4	0					
	3	4	4	0					
	4	4	4	0					
	5	4	4	0					
	6	4	4	0					
	7	4	3	1					
	8	4	3	1					
	9	4	3	1					
	10	4	2	2					
	11	3	3	1					
6	1	6	6	0	45%	91%	36%	77%	85%
	2	6	4	1					
	3	6	6	0					
	4	5	3	3					
	5	6	3	0					
	6	5	6	0					
	7	5	4	2					
	8	5	5	1					
	9	5	5	1					
	10	5	3	2					
	11	6	6	0					
8	1	6	6	1	45%	85%	18%	72%	79%
	2	7	6	1					
	3	3	2	2					
	4	8	6	1					
	5	8	8	0					
	6	7	4	3					
	7	6	4	1					
	8	8	8	0					
	9	8	7	1					
	10	6	6	1					
	11	8	6	2					
10	1	10	6	3	18%	84%	0%	57%	70%
	2	7	6	0					
	3	9	8	1					
	4	7	2	5					
	5	8	7	1					

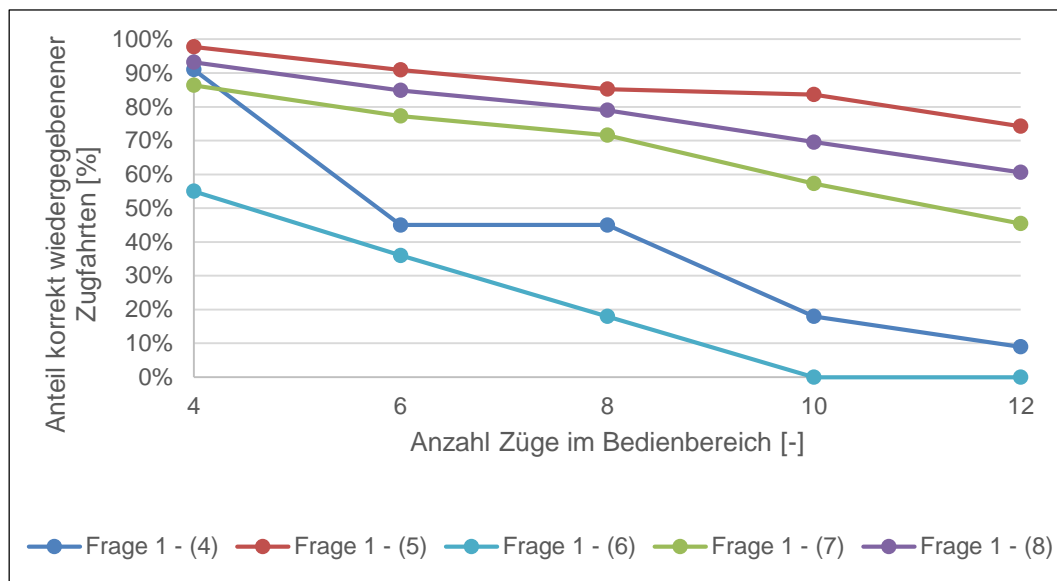
	6	9	7	2					
	7	8	3	5					
	8	10	9	1					
	9	8	5	2					
	10	7	2	5					
	11	9	8	2					
12	1	10	6	2	9%	74%	0%	45%	61%
	2	9	7	2					
	3	12	9	3					
	4	8	5	2					
	5	7	4	6					
	6	10	5	5					
	7	5	2	5					
	8	11	7	4					
	9	11	7	5					
	10	8	3	2					
	11	7	5	4					

Ergebnisse zu den Fragebögen

- (1) Anzahl Zugfahrten, für welche der jeweilige Markierungsbereich korrekt angekreuzt ist
(2) Anzahl Zugfahrten, für welche der jeweilige Belegungsabschnitt korrekt angekreuzt ist
(3) Anzahl Zugfahrten, für welche nicht der jeweilige Belegungsabschnitt korrekt angekreuzt ist, jedoch ein unmittelbarer Nachbarbereich (direkter Folgeabschnitt oder Parallelabschnitt)

Rechnerische Auswertung

- (4) Prozentualer Anteil der Probanden, welcher (1) völlig korrekt beantwortet hat
(5) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (1) korrekt wiedergegebenen Zugpositionen (in Summe über die einzelnen Probanden)
(6) Prozentualer Anteil der Probanden, welcher (2) völlig korrekt beantwortet hat
(7) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (2) korrekt wiedergegebenen Zugpositionen (in Summe über die einzelnen Probanden)
(8) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (2) korrekt wiedergegebenen Zugpositionen unter der Berücksichtigung, für welche Positionen ein unmittelbarer Nachbarbereich angegeben wurde, Gewichtung der Antworten in diesem Fall mit 0,5: Beispiel für 6 Züge: $[51 + (1+3+2+1+1+2) \cdot 0,5] / 66 = 0,85$



Anhang 4.2 Teil A – Frage 2

Teil A - Fragen zum Situationsbewusstsein - Frage 2									
Anzahl Züge	Proband	Ergebnisse zu den Fragebögen			Rechnerische Auswertung				
		Frage 2			Frage 2				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
4	1	4	4	0	82%	95%	36%	80%	86%
	2	4	4	0					
	3	4	4	0					
	4	4	4	0					
	5	4	2	0					
	6	4	4	0					
	7	4	3	1					
	8	4	3	1					
	9	4	3	1					
	10	3	1	2					
	11	3	3	1					
6	1	5	5	0	9%	65%	0%	56%	60%
	2	6	4	1					
	3	3	3	0					
	4	4	3	1					
	5	4	4	0					
	6	4	4	0					
	7	4	4	1					
	8	3	2	1					
	9	4	4	0					
	10	2	0	1					
	11	4	4	0					
	1	5	5	0					

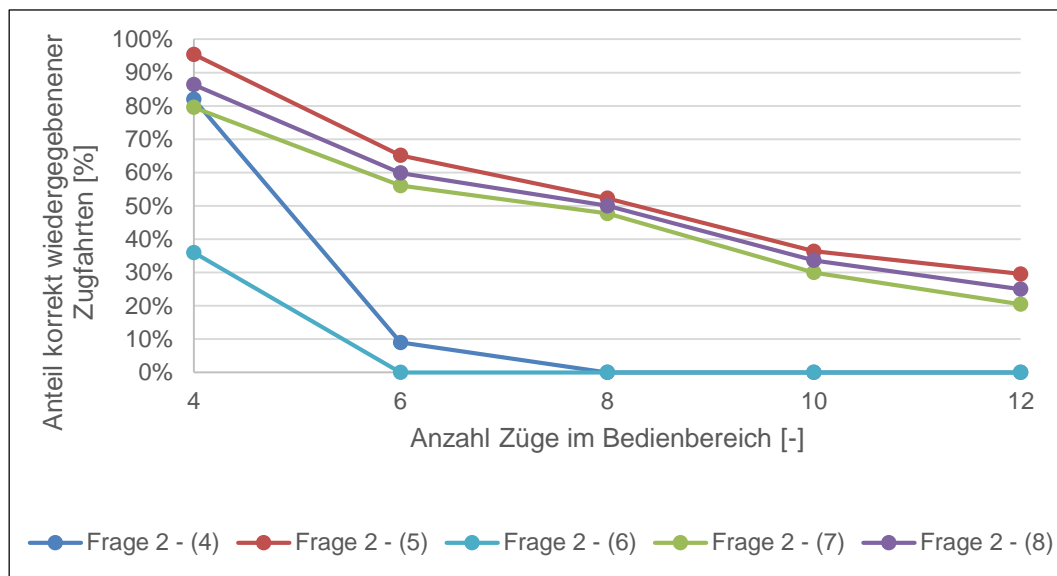
8	2	5	4	1	0%	52%	0%	48%	50%
	3	4	3	1					
	4	4	3	0					
	5	4	4	0					
	6	4	3	1					
	7	2	3	0					
	8	5	5	0					
	9	4	4	0					
	10	4	4	0					
	11	5	4	1					
10	1	3	2	2	0%	36%	0%	30%	34%
	2	5	4	1					
	3	8	8	1					
	4	4	2	2					
	5	1	1	0					
	6	4	4	0					
	7	2	1	1					
	8	3	3	0					
	9	3	3	0					
	10	3	2	0					
	11	4	3	1					
12	1	4	3	1	0%	30%	0%	20%	25%
	2	1	1	0					
	3	9	6	1					
	4	3	1	1					
	5	1	1	0					
	6	5	5	0					
	7	2	2	3					
	8	6	4	3					
	9	2	1	1					
	10	3	1	1					
	11	3	2	1					

Ergebnisse zu den Fragebögen

- (1) Anzahl Zugfahrten, für welche der jeweilige Markierungsbereich korrekt angekreuzt ist
(2) Anzahl Zugfahrten, für welche der jeweilige Belegungsabschnitt korrekt angekreuzt ist
(3) Anzahl Zugfahrten, für welche nicht der jeweilige Belegungsabschnitt korrekt angekreuzt ist, jedoch ein unmittelbarer Nachbarbereich (direkter Folgeabschnitt oder Parallelabschnitt)

Rechnerische Auswertung

- (4) Prozentualer Anteil der Probanden, welcher (1) völlig korrekt beantwortet hat
(5) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (1) korrekt wiedergegebenen Zugpositionen (in Summe über die einzelnen Probanden)
(6) Prozentualer Anteil der Probanden, welcher (2) völlig korrekt beantwortet hat
(7) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (2) korrekt wiedergegebenen Zugpositionen (in Summe über die einzelnen Probanden)
(8) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (2) korrekt wiedergegebenen Zugpositionen unter der Berücksichtigung, für welche Positionen ein unmittelbarer Nachbarbereich angegeben wurde, Gewichtung der Antworten in diesem Fall mit 0,5: Beispiel für 6 Züge: $[37 + (1+1+1+1+1)*0,5] / 66 = 0,60$



Anhang 4.3 Teil A – Frage 3

Teil A - Fragen zum Situationsbewusstsein - Frage 3				
Anzahl Züge	Proband	Ergebnisse zu den Fragebögen	Rechnerische Auswertung	
		Frage 3	Frage 3	
		(1)	(2)	
4	1	14	100%	
	2	14		
	3	14		
	4	14		
	5	14		
	6	14		
	7	14		
	8	13		
	9	14		
	10	14		
	11	14		
6	1	7	100%	
	2	7		
	3	7		
	4	7		
	5	7		
	6	7		
	7	7		
	8	7		
	9	7		
	10	7		

	11	7		
8	1	15		82%
	2	15		
	3	12		
	4	15		
	5	15		
	6	15		
	7	15		
	8	15		
	9	15		
	10	8		
	11	15		
10*	1	-		82 %
	2	12		
	3	12		
	4	3		
	5	-		
	6	3		
	7	3		
	8	3		
	9	3		
	10	3		
	11	3		
12	1	13		82%
	2	13		
	3	12		
	4	13		
	5	13		
	6	13		
	7	13		
	8	14		
	9	11		
	10	13		
	11	14		

Ergebnisse zu den Fragebögen

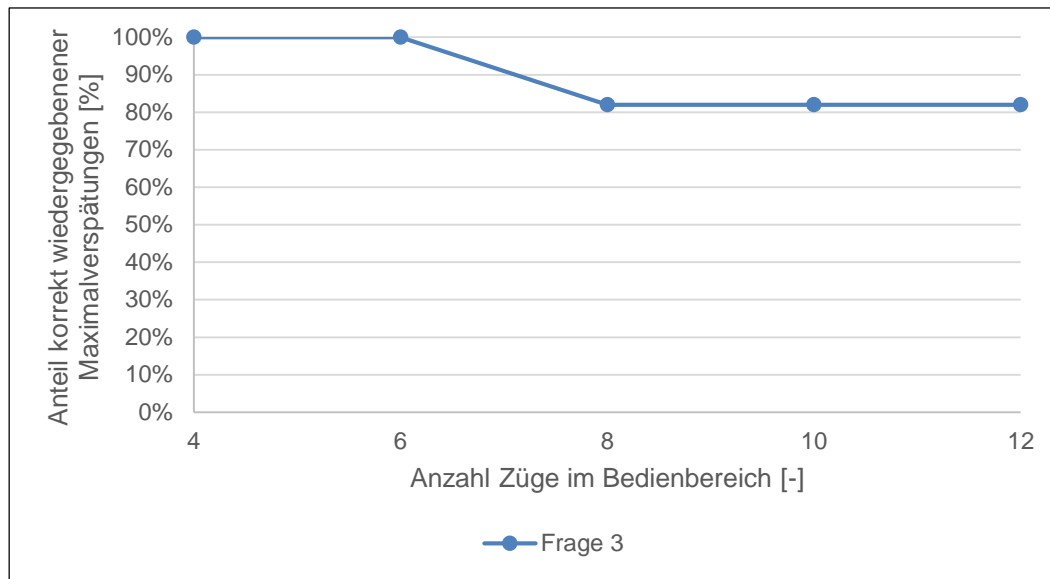
(1) Eingetragene Maximalverspätung in Minuten

Rechnerische Auswertung

(2) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (1) korrekt wiedergegebenen Maximalverspätungen

Annahme: +/-1 Minuten sind akzeptabel, sofern diese Größenangabe bis kurz vor Simulationsende auf dem Bildschirm angezeigt wurde (siehe auch Abschnitt 7.1.2)

*) Die Angaben von 3 sowie 12 Minuten wurden als korrekt befunden, da es sich bei +3 Minuten um die größte Verspätung handelt, bei -12 Minuten um die größte Abweichung zur Soll-Fahrzeit (größte „negative“ Verspätung).



Anhang 4.4 Teil A – Frage 4

Teil A - Fragen zum Situationsbewusstsein - Frage 4							
Anzahl Züge	Proband	Ergebnisse zu den Fragebögen		Rechnerische Auswertung			
		Frage 4		Frage 4			
		(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)
4	1	4	ICE, RE, S, Gz	91%	98%	97%	100%
	2	4	ICE, RE, S, Gz				
	3	4	ICE, RE, S, Gz				
	4	4	ICE, RE, S, Gz				
	5	4	ICE, RE, S, Gz				
	6	3	RE, S, Gz				
	7	4	ICE, RE, S, Gz				
	8	4	ICE, RE, S, Gz				
	9	4	ICE, RE, S, Gz				
	10	4	ICE, RE, S, Gz				
	11	4	ICE, RE, S, Gz				
6	1	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz	73%	91%	91%	91%
	2	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	3	4	ICE, RE, Gz, Gz				
	4	4	ICE, RE, Gz, Gz				
	5	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	6	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	7	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	8	4	IC, RE, Gz, Gz				
	9	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	10	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	11	6	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	1	8	RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				

8	2	6	RE, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz	55%	86%	79%	91%
	3	5	RE, Gz, Gz, Gz, Gz				
	4	8	RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	5	8	RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	6	8	RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	7	5	RE, RE, Gz, Gz, Gz				
	8	6	RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz				
	9	8	RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	10	6	RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz				
	11	8	RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
10	1	7	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz	18 %	54 %	64 %	49 %
	2	2	ICE, Gz				
	3	0	-				
	4	3	ICE, Gz, Gz				
	5	6	ICE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz				
	6	7	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz				
	7	6	ICE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz				
	8	10	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	9	4	ICE, Gz, Gz, Gz				
	10	4	ICE, RE, Gz, Gz				
	11	10	ICE, RE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
12	1	8	IC, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz	9%	58%	59%	58%
	2	0	-				
	3	1	Gz				
	4	8	IC, RE, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	5	6	IC, RE, Gz, Gz, Gz, Gz				
	6	11	IC, RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	7	7	IC, RE, RE, Gz, Gz, Gz, Gz				
	8	12	IC, RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	9	10	IC, RE, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				
	10	4	IC, S, Gz, Gz				
	11	10	IC, RE, RE, S, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz, Gz				

Ergebnisse zu den Fragebögen

(1) Anzahl korrekt wiedergegebener Prioritäten einzelner Züge

(2) Korrekt wiedergegebene Prioritäten nach Rangfolge

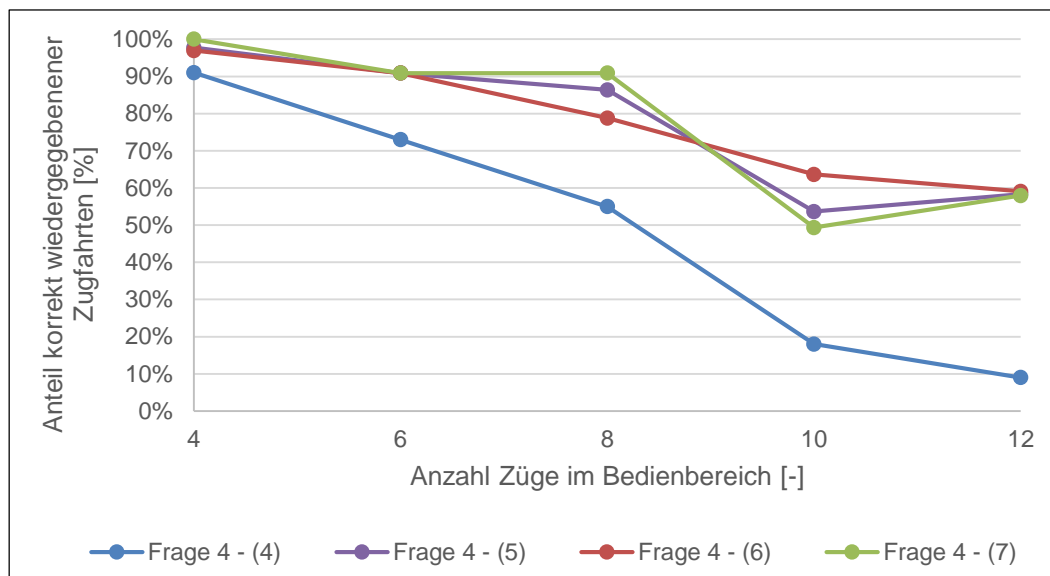
Rechnerische Auswertung

(4) Prozentualer Anteil der Probanden, welcher (1) völlig korrekt beantwortet hat

(5) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (1) korrekt wiedergegebenen Zuggattungen (in Summe über die einzelnen Probanden)

(6) Prozentualer Anteil korrekt wiedergegebener Reisezüge (ICE / IC / RE / S) im Simulationslauf

(7) Prozentualer Anteil korrekt wiedergegebener Güterzüge im Simulationslauf



Anhang 4.5 Teil A – Frage 5

Teil A - Fragen zum Situationsbewusstsein - Frage 5								
Anzahl Züge	Proband	Ergebnisse zu den Fragebögen			Rechnerische Auswertung			
		Frage 5			Frage 5			
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)*	(7)*
4	1	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-	Überh / Hagen, Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen, Linsb / RE, S	11	100%
	2	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	Überh / Hagen / RE, S				
	3	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	Überh / Linsb / RE, S				
	4	ja	Überh / Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen / RE, S				
	5	ja	Überh / Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen, Linsb / S, RE				
	6	ja	Überh / Nienbg, Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen, Linsb / S, RE				
	7	ja	Überh / Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen / S, RE				
	8	ja	Überh / Nienbg, Linsb / ICE, Gz	-				
	9	ja	Überh / Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen, Linsb / S, RE				
	10	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	11	ja	Überh / Nienbg, Linsb / ICE, Gz	Überh / Hagen, Linsb / S, RE				
6	1	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-	Überh / Rohrsen / ICE, Gz	-	11	100%
	2	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	3	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	4	ja	Überh / Rohrs / ICE, Gz	-				
	5	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	6	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	7	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	8	ja	Überh / Rohrs / ICE, Gz	-				
	9	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	10	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				
	11	ja	Überh / Nienbg / ICE, Gz	-				

8	1	ja	Überh / Poggenh / RE, Gz	-	Überh / Estorf / RE, Gz	-	7	64%
	2	ja	Überh / Leese-S / RE, Gz	-				
	3	ja	Überh / Hagen, Linsb / S, Gz	-				
	4	ja	Überh / Estorf / RE, Gz	-				
	5	ja	Überh / Leese-S / RE, Gz	-				
	6	ja	Überh / Leese-S / RE, Gz	-				
	7	ja	Überh / Leese-S / RE, Gz	-				
	8	nein	-	-				
	9	ja	Überh / Leese-S / RE, Gz	-				
	10	nein	-	-				
	11	ja	Überh / Leese-S / RE, Gz	-				
10	1	ja	Überh / Poggenh / ICE, Gz	-	Überh / Poggen h / ICE, Gz	-	7	64%
	2	ja	Überh / Neust / ICE, Gz	-				
	3	-	-	-				
	4	nein	-	-				
	5	ja	Überh / Neust / ICE, Gz	-				
	6	ja	Überh / Poggenh / ICE, Gz	-				
	7	nein	-	-				
	8	ja	Überh / Neust / ICE, Gz	-				
	9	ja	Überh / Poggenh / ICE, Gz	-				
	10	nein	-	-				
	11	ja	Überh / Neust / ICE, Gz	Überh / Linsb / RE, Gz				
12	1	nein	-	-	-	-	8	73%
	2	-	-	-				
	3	-	-	-				
	4	nein	-	-				
	5	ja	Überh / Nienbg / RE, Gz	-				
	6	nein	-	-				
	7	nein	-	-				
	8	nein	-	-				
	9	nein	-	-				
	10	nein	-	-				
	11	nein	-	-				

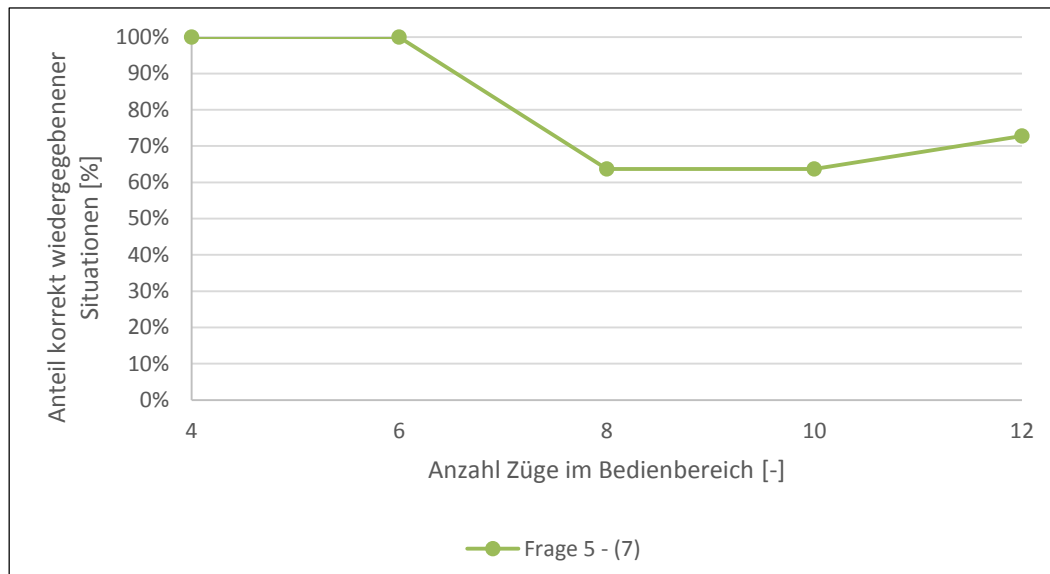
Ergebnisse zu den Fragebögen

- (1) Angekreuzte Antwort, ob außerplanmäßige Änderung der Zugreihenfolge sinnvoll in der Ausführung ist
(2) Angaben zur Situation 1 (falls (1) mit "ja" angekreuzt) mit Art der Reihenfolgeänderung, Ort, Zuggattungen
(3) Angaben zur Situation 2 (falls (1) mit "ja" angekreuzt) mit Art der Reihenfolgeänderung, Ort, Zuggattungen

Rechnerische Auswertung

- (4) Musterlösung Situation 1
(5) Musterlösung Situation 2
(6) Anzahl korrekt wiedergegebener Situationen (Art der Reihenfolgeänderung, Ort, Zuggattungen)
(7) Prozentualer Anteil der von den Probanden in (2) bzw. (3) korrekt wiedergegebenen Situationen (mind. 1 Situation wiedergegeben)

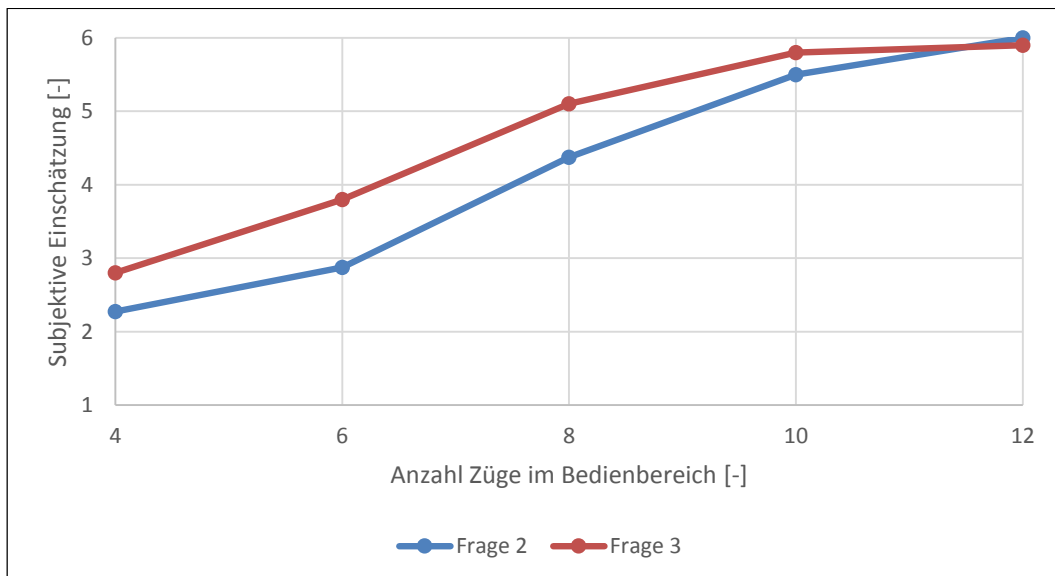
*) Geringe Abweichungen bei der Angabe von Betriebsstellen, in denen eine entsprechende Dispositionsentscheidung auszuführen wäre, werden dann als korrekt erachtet, wenn davon ausgegangen werden kann, dass der Proband die Situation als solche erkannt hat. Fehlerhafte Angaben sind in den meisten Fällen darauf zurückzuführen, dass die Situation zwar erkannt wurde, der Proband jedoch im Fall einer vorzunehmenden Überholung eine Betriebsstelle angegeben hat, in der bereits die Ausfahrstraße des vorausfahrenden Zuges eingestellt ist.



Anhang 4.6 Teil B

Teil B - Fragen zur subjektiven Einschätzung					Rechnerische Auswertung				
Anzahl Züge	Proband	Ergebnisse zu den Fragebögen			Ergebnisse unter Korrektur		Anteil Überlastung	Mittelwert	Mittelwert
		Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 2	Frage 3	Frage 1 (6)	Frage 2 (7)	Frage 3 (8)
4	1	nein	2	2	2	2	0%	2,3	2,8
	2	nein	3	3	3	3			
	3	nein	3	3	3	3			
	4	nein	4	4	4	4			
	5	nein	2	2	2	2			
	6	nein	2	2	2	2			
	7	nein	2	3	2	3			
	8	nein	1	2	1	2			
	9	nein	2	5	2	5			
	10	nein	2	3	2	3			
	11	nein	2	2	2	2			
6	1	nein	2	2	2	2	27%	2,9	3,8
	2	ja	-	-	-	6			
	3	ja	-	5	-	5			
	4	nein	3	3	3	3			
	5	ja	-	-	-	6			
	6	nein	3	2	3	2			
	7	nein	4	4	4	4			
	8	nein	2	2	2	2			
	9	nein	3	5	3	5			
	10	nein	3	4	3	4			
	11	nein	3	3	3	3			
8	1	nein	4	4	4	4	27%	4,4	5,1
	2	ja	-	-	-	6			
	3	ja	-	6	-	6			
	4	nein	5	5	5	5			

	5	nein	5	5	5	5				
	6	nein	4	3	4	3				
	7	ja	4	4	-	6				
	8	nein	4	4	4	4				
	9	nein	3	6	3	6				
	10	nein	6	6	6	6				
	11	nein	4	5	4	5				
10	1	ja	-	-	-	6		64%	5,5	5,8
	2	ja	-	6	-	6				
	3	ja	-	-	-	6				
	4	nein	6	6	6	6				
	5	ja	-	-	-	6				
	6	nein	6	5	6	5				
	7	ja	5	5	-	6				
	8	nein	5	5	5	5				
	9	ja	-	6	-	6				
	10	ja	-	6	-	6				
	11	nein	5	6	5	6				
12	1	ja	-	6	-	6		91%	6,0	5,9
	2	ja	-	6	-	6				
	3	ja	-	6	-	6				
	4	ja	-	6	-	6				
	5	ja	-	-	-	6				
	6	nein	6	5	6	5				
	7	ja	6	6	-	6				
	8	ja	-	6	-	6				
	9	ja	-	6	-	6				
	10	ja	-	6	-	6				
	11	ja	6	6	-	6				



Abkürzungsverzeichnis

AAT	Activity Analysis Tool
Abb.	Abbildung
ASWAT	Adapted Subjective Workload Assessment Technique
AW	Awanst-Störung (als Abkürzung in der BSA)
Awanst	Ausweichanschlussstelle
Betra	Betriebs- und Bauanweisung
Bez.	Bezeichnung
BPS	Bedienplatzsystem
BR	Betriebsruhe (als Abkürzung in der BSA)
BSA	Betriebs- und Störanzeige
BÜ	Bahnübergang
BÜ	Bahnübergang hat Fehler / Störung (als Abkürzung in der BSA)
BÜFT	Bahnübergangsfreimeldetaste
BÜSA	Bahnübergangssicherungsanlage
BZ	Betriebszentrale
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
D-Weg	Durchrutschweg
DB	Deutsche Bahn
DB AG	Deutsche Bahn Aktiengesellschaft
DS	Störung des Dokumentationsrechners (als Abkürzung in der BSA)
E	Einführung (als Phase der Simulationsuntersuchung)
E43	Einheitsbauart 1943
e.g.	„exempli gratia“ (lateinisch); zum Beispiel
EIN	Eingabekontrolle
EI L	Elektronisches Stellwerk Lorenz
EI S	Elektronisches Stellwerk Siemens
ESTW	Elektronisches Stellwerk
ESTW-A	ESTW-Außenstelle
ESTW-UZ	ESTW-Unterzentrale
ESTW-Z	ESTW-Zentrale
et al.	„et alii“ (lateinisch); und andere
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
F	Fragebogenbeantwortung (als Phase der Simulationsuntersuchung)
F1...5	Fragebogenbeantwortung zur Simulation 1...5 (als Phase der Simulationsuntersuchung)
F1...3V	Fragebogenbeantwortung zur vorbereitenden Simulation 1...3 (als Phase der Simulationsuntersuchung)
Fdl	Fahrdienstleiter
FP	Fahrstraße prüfen
FS	Fahrstraße
GeFo	GSM-R-Fernsprecher, ortsfest

ggf.	gegebenenfalls
GIM	Gleismelder
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
Gz	Güterzug
Hp	Haltepunkt
IC	InterCity (Zuggattung)
ICE	InterCityExpress (Zuggattung)
IKL	InterKombi-Logistikzug (Zuggattung)
insg.	insgesamt
IWS	Integrated Workload Scale
KA	Kommunikationsanzeige
KF / KF1 / KF2	Kommandofreigabe / 1 / 2
km	Kilometer
Ks-Signal	Kombinations-Signal
Leese-S	Leese-Stolzenau (Betriebsstelle)
LeiDis	Leitsystem der Betriebsdurchführung Disposition
LeiDis-NK	LeiDis-Netzdisposition Kunde
Linsb	Linsburg (Betriebsstelle)
LST	Leit- und Sicherungstechnik
LÜ B	Lademaßüberschreitung Berta
m	Meter
Mod.	Modellzug
MW	Mittelweiche
NB	Nahstellbereich
Neust	Neustadt (Betriebsstelle)
Nienbg	Nienburg/Weser (Betriebsstelle)
NK	Netzdisposition Kunde
NLZ	Netzleitzentrale
NRSWT	Network Rail Signaller Workload Toolkit
ODEC	Operation Demand Evaluation Checklist
P	Pause (als Phase der Simulationsuntersuchung)
Pkte	Punkte
PL	Plan
Poggenh	Poggenhagen (Betriebsstelle)
proz.	prozentual
PSI-Spiegel	Protokoll- und Störungsinformations-Spiegel
PZB	Punktuelle Zugbeeinflussung
RE	RegionalExpress (Zuggattung)
Rohrs	Rohrsen (Betriebsstelle)
RSA	Rechnerstöranzeige
S	S-Bahn (Zuggattung)
S.	Seite
S1...5	Simulation 1...5 (als Phase der Simulationsuntersuchung)
SAGAT	Situation Awareness Global Assessment Technique

SART	Situation Awareness Rating Technique
SE	Stelleinheiten
Sh1	Fahrverbot aufgehoben (Signalbegriff)
SIFM	Schlüsselfreigabemelder
SIÜM	Schlüsselüberwachungsmelder
SM-Bild	Sammelmelderbild
sog.	sogenannt
SPAM	Situation Present Assessment Measure
SpDrS60	Spurplan-Drucktastenstellwerk Siemens, Bauart 1960
ST	Störung
STW	Stellwerk
Tab.	Tabelle
TKA	Telekommunikationsanlage
TU	Technische Universität
u.a.	unter anderem
U-Weg	Umfahrtweg
Überh	Überholung
UZ	Unterzentrale
V1...3	Vorbereitende Simulation 1...3 (als Phase der Simulationsuntersuchung)
vgl.	vergleiche
VsM	Verschlussmelder
VQ	Verarbeiten / Quittieren
WPT	Workload Principles Tool
z.B.	zum Beispiel
ZL	Zuglenkung
ZLS	Zuglenksystem
ZN	Zugnummer
ZW	Zählwerk